



GROT-transport från norra till södra Sverige

Transport of logging residues from North to South Sweden

Sara Johansson & Tobias Pettersson

**Arbetsrapport 325 2011
Examensarbete 15 hp C
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Dimitris Athanassiadis
Ola Carlén**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-325-SE

GROT-transport från norra till södra Sverige

Transport of logging residues from North to South Sweden

Sara Johansson & Tobias Pettersson

Examensarbete i Skogsvetenskap vid institutionen för skoglig resurshushållning, 15 hp
jägmästarprogrammet
EX0593

Handledare: Dimitris Athanassiadis, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Handledare: Ola Carlén, SLU, Institutionen för skogsekonomi

Examinator: Anders Roos, SLU Institutionen för skogens produkter

Sammanfattning

Europeiska rådet enades år 2008 om ett klimat och energipaket för att motverka den globala uppvärmningen. Detta paket är gällande för varje EU-medlemsland och innebär bland annat att utsläppen av växthusgaser skall minska med minst 20 % samt att EU:s energianvändning till 20 % skall utgöras av förnyelsebar energi år 2020.

Sveriges regering har satt upp striktare klimat- och energimål med avsikt att vara en förebild för övriga Europa. Exempelvis ska förnyelsebara energikällor utgöra minst 50 % av energianvändningen och våra klimatutsläpp ska minska med 40 % fram till år 2020.

En kombination av dessa uppsatta mål samt ett ständigt stigande oljepris har lett till en ökad efterfrågan på skogsbränsle i form av exempelvis grenar och toppar (Grot). Problemet i Sverige är att tillgången på grot är som högst där efterfrågan är som lägst.

Syftet till denna studie är att det finns ett energibehov i söder som förhoppningsvis skall kunna mötas med skogsbränsle från norr. Frågan är om det är ekonomiskt försvarbart att transportera skogsbränsle från Norrlands inland till ett kraftvärmeverk i södra Sverige?

Utifrån en efterfrågad energimängd valdes ett tall- samt ett grandominerat upptagningsområde ut. Sedan beräknades de rörliga kostnaderna för transport med lastbil från avlägg till terminal, för förädling i form av pelletering eller flisning samt för tågtransport från terminal till kraftvärmeverk.

I studien var förädlingsformen den avgörande faktorn i frågan om det var lönsamt eller ej. Det slutliga resultatet visade på att det kan finnas en ekonomisk lönsamhet i att transportera skogsbränsle från norra Sverige till Göteborg.

Nyckelord: skogsbränsle, logistik, förädling, terminal, energi.

Summary

The European Council agreed in 2008 on a climate and energy package to combat global warming. This package is valid for each EU member country and means that greenhouse gas emissions must fall by at least 20% and the EU's energy use to 20%, consisting of Renewable Energy in 2020.

The Swedish Government has set stringent climate and energy with the intention to set an example for the rest of Europe. For example, renewable energy sources account for at least 50% of energy use and our climate emissions to fall by 40% by 2020.

A combination of these goals and a steadily rising oil price has led to an increased demand for wood fuel in the form of such branches and tops. The problem in Sweden is that the availability of logging residue is highest where demand is lowest. The question is whether it is profitable to transport the wood fuel from the inner Norrland to a power plant in southern Sweden?

Based on a requested amount of energy was a pine and a spruce-dominated catchment chosen. Then the variable costs of transportation of merchandise from the offshoot to the terminal, for processing in the form of pelleting or chipping, as well as for rail transport from the terminal to the power plant was calculated.

The final result showed that there may be an economic viability of transporting wood fuel from northern Sweden to Gothenburg.

Keywords: forest fuels, logistics, processing, terminal, energy.

Förklaring av begrepp och enheter

m³ = kubikmeter (Skogsstyrelsen, 2010a).

m³f = Kubikmeter fast mått (Skogsstyrelsen, 2010a).

m³f pb = Kubikmeter fast mått på bark (Skogsstyrelsen, 2010a).

m³f ub = Kubikmeter fast mått under bark (Skogsstyrelsen, 2010a).

m³s = Kubikmeter stjälp mått (Skogsstyrelsen, 2010a).

m³sk = Skogskubikmeter. Stamvolym ovan stubbskåret inkl. topp och bark (Skogsstyrelsen, 2010a).

kg TS = kg torrsustans (Kastberg, 1995).

G₁₅ – timme = Det görs ej avdrag för korta avbrott upp till 15 minuter (Wästerlund, 2006).

Grot = Grenar och toppar (Skogforsk, 2010a).

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	3
Förklaring av begrepp och enheter	4
1. Inledning.....	8
1.1 Klimatoro och hållbar utveckling	8
1.2 Europas klimat- och energipaket	8
1.3 Sveriges klimat- och energimål	8
1.4 Biobränslen.....	9
1.4.1 Trädbränslen.....	10
1.4.2 Skogsbränslen.....	10
1.5 Göteborg Stads lokala miljömål	12
1.5.1 Göteborg Energi AB.....	12
2. Syfte	13
2.1 Mål.....	13
2.2 Scenarier	13
3. Teori	15
3.1 Logistik.....	15
3.2 Marginalintäkt och marginalkostnad	16
4. Antagande & förenklingar.....	17
5. Material och Metod	18
5.1 Avlägg till terminal.....	18
5.1.1 Upptagningsområde.....	18
5.1.2 Naturhänsyn.....	19
5.1.3 Medeltransportavstånd	19
5.1.4 Transportkostnad	20
5.2 Förädling på terminal.....	20
5.2.1 Pelleteringskostnad.....	20
5.2.2 Flisningskostnad.....	21
5.3 Terminal till värmeverk	21
5.3.2 Transportlängd från terminal till.....	21
5.3.3 Tågtransport.....	21
5.3.4 Antal laststräckor – Pelletering	21

5.3.5 Antal laststräckor - Flisning	21
5.3.6 Transportkostnad terminal - värmeverk	21
5.4 Totalkostnad avlägg till terminal	22
5.5 Marginalkostnad	22
5.6 Marginalintäkten	22
5.7 Beräkningsförutsättningar	23
5.7.1 Avlägg till terminal	23
5.7.1.2 Lastbilstransport	23
5.7.2 Terminal	24
5.7.3 Terminal till värmeverk	24
5.7.4 Värmeverk	25
6. Resultat	26
6.1 Scenario 1	26
6.2 Scenario 2	27
6.3 Scenario 3	28
6.4 Scenario 4	29
6.5 Klargörande av resultat	30
7. Diskussion	31
7.1 Förslag på framtida studier	34
Tillkännagivanden	35
Referenslista	36
Bilaga 1. Översiktskarta	41
Bilaga 2. Tallmodell (1)	42
Bilaga 3. Granmodell (1)	45
Bilaga 4. Modell förklaring	48
Bilaga 5 Omvandlingstabell	50
Bilaga 6. Tall upptagningsområde (1)	51
Bilaga 7. Gran upptagningsområde (1)	52
Bilaga 8. Potentiellt möjligt uttag – Tall och Gran	53
Bilaga 9. Kostnadsuträkning för scenario 1	54
Bilaga 10. Kostnadsuträkning för scenario 2	55
Bilaga 11. Kostnadsuträkning för scenario 3	56
Bilaga 12. Kostnadsuträkning för scenario 4	56
Bilaga 13. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 1	57
Bilaga 14. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 2	59

Bilaga 15. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 3	60
Bilaga 16. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 4	61
Bilaga 17. Marginalintäkt.....	62

1. Inledning

Följande text utgör en bakgrund till varför studiens författare valt att fokusera på transport av grot från norra till södra Sverige.

1.1 Klimatoro och hållbar utveckling

Det senaste seklet har jordens medeltemperatur ökat med drygt 0,7° Celsius. Detta beror delvis på en markant ökning av koldioxidkoncentration i atmosfären. Enligt FN:s vetenskapliga klimatpanel har människan starkt bidragit till denna globala uppvärmning genom ökat utsläpp av växthusgaser (Miljödepartementet, 2011).

För att minimera risken av allvarliga, framtida konsekvenser på grund av den mänskliga påverkan av klimatet samlades FN i Rio de Janeiro år 1992 för ett möte som kom att kallas ECO-92. Detta var början på ett hållbart miljötänk som resulterade bland annat i ett Kyotoprotokoll (United Nations, 1998), samt ett världstoppmöte om hållbar utveckling i Johannesburg 2002 (Miljödepartementet, 2002).

1.2 Europas klimat- och energipaket

För att EU skall nå sina klimatmål enades Europeiska rådet år 2008 om ett klimat- och energipaket som innefattar målsättningar för varje EU-medlemsland gällande utsläppsrätter (Miljödepartementet & Näringsdepartementet, 2009). Detta paket trädde i kraft i juni 2009 och är gällande fram till år 2020 (European Parliament, Council, 2009).

Klimatmålen innebär att:

- Utsläpp av växthusgaser skall minska med minst 20% till år 2020.
- 20 % av energianvändningen skall utgöras av förnyelsebar energi i EU år 2020.
- Minst 10% av den totala drivmedelanvändningen inom transportsektorn skall utgöras av biobränsle senast år 2020.
- Energianvändningen skall år 2020 minskat med 20%.
- Från 2012 innefattas flyget av EU:s system med handel av utsläppsrätter (Miljödepartementet, 2009).

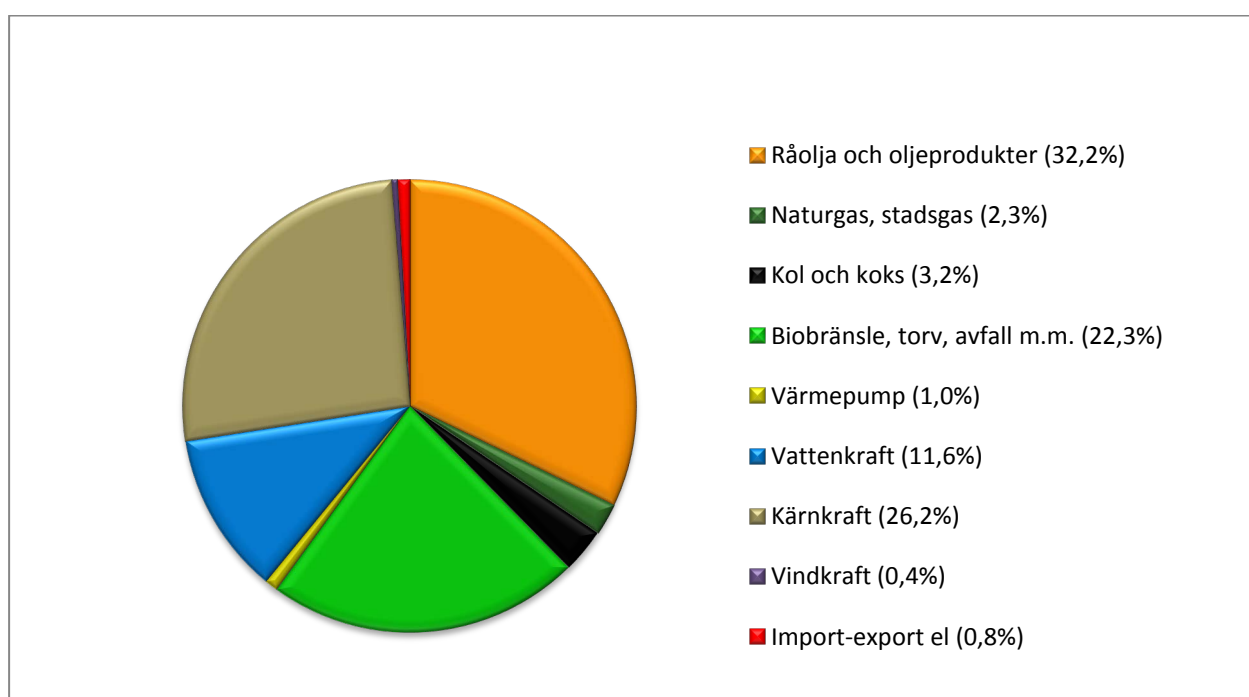
1.3 Sveriges klimat- och energimål

Sverige vill vara en förebild för övriga Europa och därför har regeringen satt upp striktare klimat- och energimål än EU-kommissionen. Exempelvis ska förnyelsebara energikällor utgöra minst 50 % av energianvändningen och våra klimatutsläpp ska minska med 40 % fram till år 2020. För att möjliggöra detta har regeringen bland annat infört skärpta koldioxidskatter och utsläppskrav. Förutom dessa restriktioner har den minskade tillgången på olja lett till ökat pris vilket i sin tur har gjort att man nu söker andra metoder för att möta energibehovet

(Miljödepartementet & Näringsdepartementet, 2009). En av dessa förnyelsebara energikällor är biobränsle.

1.4 Biobränslen

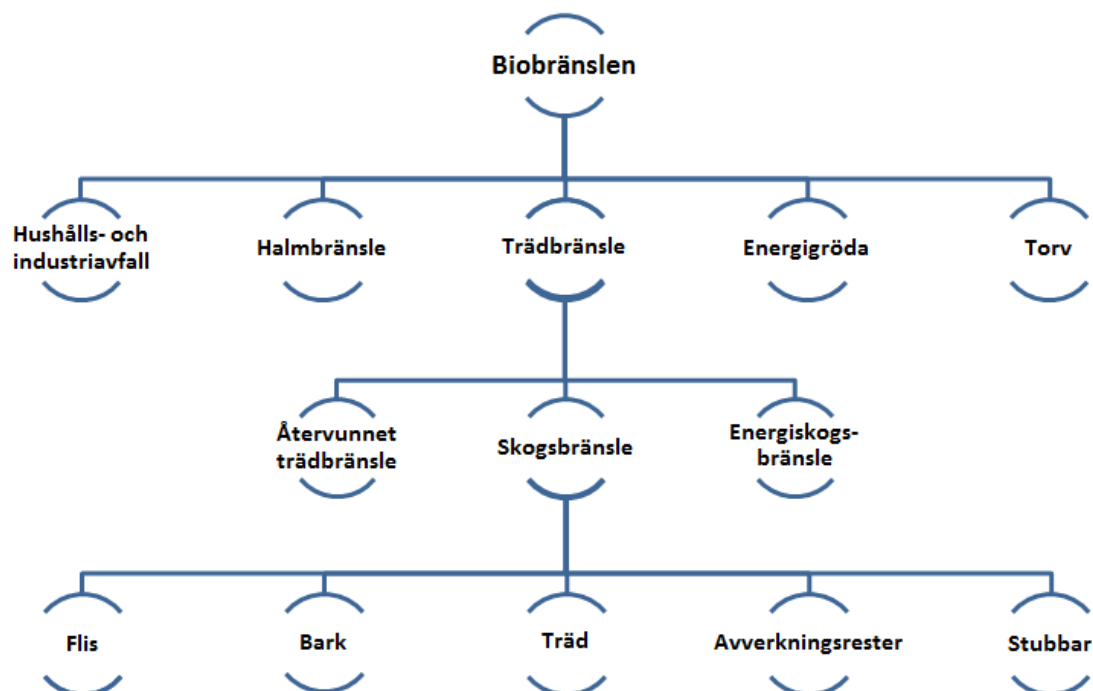
Biobränsle kan betraktas som en koldioxidneutral energikälla om man endast ser till koldioxidutsläppet som sker vid förbränningen vilket vägs upp genom återväxten av ny skog (Skogforsk, 2009a). Användningen av biobränsle har ökat markant från 1970 till 2009 med 195 %. Utav den tillförda energin på totalt 568 TWh år 2009 utgjorde biobränslen 22 % av dessa vilket tydligt framgår i figur 1 (Statens Energimyndighet, 2010).



Figur 1. Total tillförd energi i Sverige 2009 uppdelad på energibärare, 568 TWh (fritt efter Statens Energimyndighet, 2010)

Figure 1. Total energy supplied in Sweden in 2009 divided into energy carriers

För att ett bränsle skall klassas som biobränsle krävs att det är någon form av biomassa. Biobränsle kan i sin tur delas in i undergrupperna hushålls- och industriavfall, halmbränsle, energigröda, torv samt trädbränsle vilket tydliggöres i figur 2 (Nationalencyklopedin, 2011a).



Figur 2. Indelning av biobränslen (fritt sammanställt efter Nationalencyklopedin, 2011a ; Standardiseringskommissionen i Sverige, 2000 ; Ringman, 1995).

Figure 2. Classification of biofuels.

1.4.1 Trädbränslen

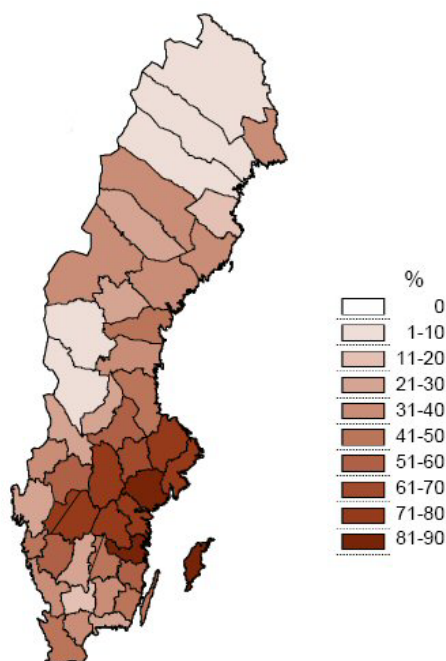
Trädbränslen utgör drygt hälften av den totala biobränsleandelen (Skogforsk, 2009a) och har sitt ursprung från träd eller träddelar som ej genomgått kemisk omvandling (Standardiseringskommissionen i Sverige, 2000). Som figur 2 visar kan trädbränsle i sin tur delas in i tre undergrupper:

- Energiskogsbränsle, som exempelvis Salix
- Återvunnet trädbränsle, som rivnings- och emballagevirke
- Skogsbränsle

1.4.2 Skogsbränslen

Skogsbränsle utgörs av träd, avverkningsrester, bark, flis samt stubbar vilket framgår i figur 2.

Problemet i Sverige är att tillgången på skogsbränslen är som högst där efterfrågan är som lägst. Energiförbehovet är som störst i Mälardalen och längs västkusten och som lägst i Norrlands inland (Skogforsk, 2009b). Det växer visserligen betydligt mer i södra Sverige, men i Norrlands inland finns stora arealer där skogsbränslet vid slutavverkningar ännu ej har tagits till vara i någon större utsträckning vilket man kan se i figur 3 (Skogforsk, 2009c). Anledningen till detta är att det ännu ej varit lönsamt då transportavstånden varit långa och priserna ej tillräckligt höga.



Figur 3. Andel anmäld slutavverkningsareal 2008 där grotuttag planerades (Skogforsk, 2009c).
Figure 3. Share notified final felling area in 2008 where the branches and tops residuals was planned.

1.4.2.1 Grot

Grot är avverkningsrester som vid traditionell avverkning lämnas kvar på hygget men som numera räknas som ett tredje sortiment som främst brukas i värmeverk som bränsle. (Skogforsk, 2010a). Det finns flera olika metoder att förflytta groten från hygge till slutdestination. Groten kan antingen flisas eller buntas på plats eller transporteras som lösgrot för att förädlas vid senare tillfälle (Skogforsk, 2010b). Förädling genomförs på grund av grotens voluminösa karaktär som annars kan leda till allt för höga transportkostnader (Skogforsk, 2009d). Dock påverkar val av transportform inte endast ekonomin utan även kvalitén samt miljön (Strömberg, 2005).

Ett sätt att förädla skogsråvaran är genom flisning då råvaran flisas ner till bitar om 1-5 cm. I Sverige finns ett 20-tal leverantörer som levererar flisen löst antingen på flakbil eller i container (Svenska Trädbränsleföreningen, 2009a)

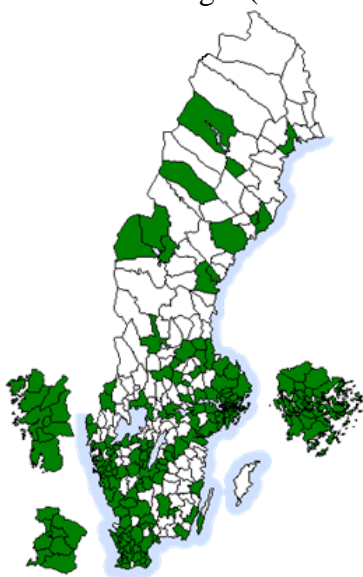
Ett sätt att ytterligare förädla skogsråvaran är genom pelletering. Vid tillverkning av pellets kommer råvaran först att karaktäriseras för att därefter torkas, malas och slutligen pressas samman (Bergström, 2005) till cylindrar med 6-8 mm i diameter. Detta genomförs för att göra råvaran mindre skrymmande än till exempel flis (Statens Energimyndighet, 2011). Pellets och flis har vanligtvis en fukthalt på cirka 9 respektive 40 % (Svenska Trädbränsleföreningen, 2009a; 2009b).

På grund av grotens skrymmande karaktär är det ej ekonomiskt försvarbart att använda en transportsträcka som överstiger 7-10 mil för lastbilstransport på grund av dess höga transportkostnad. För tåg- samt båttransport krävs däremot ett transportavstånd på minst 20 respektive 50 mil för att uppnå ekonomisk lönsamhet (Strömberg, 2005).

1.5 Göteborg Stads lokala miljömål

En av Sveriges största städer med en stabil tillväxttakt och därmed ett ökande energibehov av fossilfria bränslen är staden Göteborg som synliggörs i figur 4 (Statistiska Centralbyrån, 2009). År 2008 var förbrukningen för fjärrvärme och el-energi 7 693 584 MWh i Göteborg stad (Statistiska Centralbyrån, 2010).

Göteborgs Stad har utformat sina egna lokala miljömål utifrån de sexton nationella miljömålen varav ett av dessa innefattar begränsad klimatpåverkan (Göteborgs Stad, 2011a). Det övergripande målet är att Göteborgs Stad år 2050 skall ha en hållbar och rättvis utsläppsnivå av koldioxid. För att detta mål skall nås skall staden bland annat övergå till att använda sig av fossilfria lösningar (Göteborgs Stad, 2011b).



Figur 4. Gröna områden indikerar en befolkningsökning medan de vita områdena indikerar en befolkningsminskning (Statistiska Centralbyrån, 2009).

Figure 4. Green areas indicate a population increase, while the white areas indicate a population decline.

1.5.1 Göteborg Energi AB

Göteborgs Stad är ägare av Göteborg Energi AB (Göteborg Energi AB, 2011a) vilket är Sveriges fjärde största energibolag. De produktområden Göteborg Energi AB är aktiva inom är fjärrvärme, gas, kyla, elnät, energitjänster, elhandel, färdig värme samt kommunikation (Göteborg Energi AB, 2011b). Bolaget använder en tillförd mängd energi på cirka 800 GWh från oförädlade trädbränslen (Svensk Fjärrvärme AB, 2008). Bolaget genomsyras av en miljöhänsyn som färgat deras vision om "ett hållbart Göteborgssamhälle" (Göteborg Energi AB, 2011c). För att leva upp till denna vision har Göteborg Energi AB påbörjat GoBiGas-projektet gällande termisk förgasning av skogsråvaran grot. Som en följd av detta och den ökande befolkningmängden kommer efterfrågan på skogsbränsle i form av exempelvis grot att öka markant (Göteborg Energi AB, 2011d).

2. Syfte

Syftet till denna studie är att undersöka lönsamhet i transport av skogsbränsle från norra till södra Sverige. Studier har gjorts under ledning av bland annat Rolf Björheden på potentiellt grotuttag i norra Sverige men då har det ej utvärderats om det är ekonomiskt lönsamt att transportera skogsbränslet längre sträckor. Frågan är om det är ekonomiskt försvarbart att transportera skogsbränsle från Norrlands inland till ett kraftvärmeverk i södra Sverige?

2.1 Mål

- a) Att undersöka erfordrad radie på ett upptagningsområde i norr för att leverera minst 800GWh till ett kraftvärmeverk i Göteborg i form av skogsbränsle.
- b) Att med utgång från erfordrad radie för upptagningsområdet beräkna kostnad för transport av skogsbränsle från avlägg till kraftvärmeverk via förädlingsterminal med förädlingsformerna pelletering alternativt flisning.
- c) Att beräkna marginalkostnaden för upptagningsområdet för de radier som utvärderats i studien. Utöver detta skall även marginalintäkten för respektive scenario beräknas.

2.2 Scenarier

Arbetet utgår från fyra olika scenarier. För de olika scenarierna finns det två alternativa upptagningsområden, ett grandominerat och ett talldominerat. Dessa två olika alternativ användes för att undersöka om skillnaden i densitet mellan trädslagen skulle påverka radien för upptagningsområdet. I dessa områden har olika avstånd från terminalen utvärderats. Dessa avstånd är 20, 30, 40, 50, 60 samt 70km.

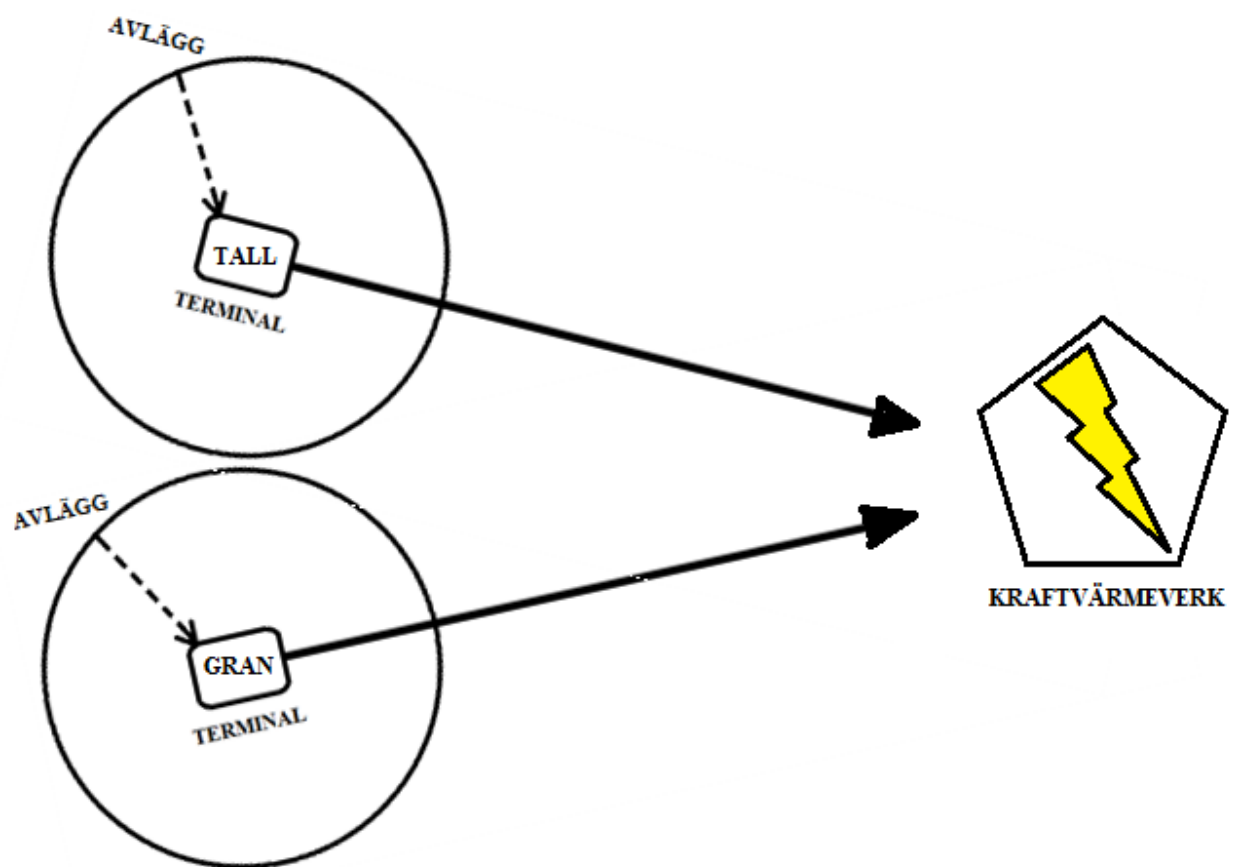
För att det ska vara ekonomiskt lönsamt får transportavståndet med lastbil från avlägg till terminal ej överstiga break-even, vilket nås mellan distanserna 70-100km (Strömberg, 2005). I detta fall skall lösgruppen dock transporteras vidare från terminal till kraftvärmeverk med tåg efter förädling, vilket gör 70km till ett rimligt antagande av maximalt transportavstånd för lastbil. För varje upptagningsområde finns en terminal där förädling sker och för varje terminal utvärderas två olika förädlingsformer, pelletering samt flisning. Logistikkedjan som ovan beskrivits tydliggöres i figur 5.

Scenario 1: Terminal med talldominerat upptagningsområde med pelletering som enda förädlingsform.

Scenario 2: Terminal med talldominerat upptagningsområde med flisning som enda förädlingsform.

Scenario 3: Terminal med grandominerat upptagningsområde med pelletering som enda förädlingsform.

Scenario 4: Terminal med grandominerat upptagningsområde med flisning som enda förädlingsform.



Figur 5. Logistikkedjan från avlägg till kraftvärmeverk via terminal för tall- samt grandominerat upptagningsområde.

Figure 5. The logistics chain from the roadstorage to the CHP through the terminal for pine and spruce-dominated harvesting area.

3. Teori

I detta avsnitt behandlas relevanta begrepp samt teori för transport av grot. Detta för att förklara varför studien inriktar sig på transportkostnader samt hur marginalkostnad och marginalintäkt kan användas för att maximera vinsten.

3.1 Logistik

För att öka ett företags vinst kan man enligt Lambert antingen öka marknadsföringen, höja produktpriset eller reducera kostnaderna. Om man skall reducera kostnaderna anses logistikkostnaderna vara det som ger störst effekt (Lambert & Stock, 2001).

Enligt Lumsden är det marknadsekonomin som är orsaken till den evinnerliga utvecklingen av transport och logistik (Lumsden, 1998). Sedan 1970-talet har marknadskonkurrensen ökat markant som en följd av bland annat nationella avregleringar och ökad globalisering av handeln. För att öka sin konkurrenskraft har företagen därför valt att succesivt effektivisera de logistiska flödena inom företaget (Jensen, 2007).

För att beskriva vad som innefattas i begreppet logistikkostnader används nedan ett citat från Jensen (2007),

Logistikkostnader är teoretiskt sett alla kostnader som är förbundna med logistikens huvuduppgift, att skapa tids- och platsnytta i varuflöden från råvaruutvinning till slutlig konsumtion och även i reverserande flöden till återanvändning och slutlig deponering. Uppgiften kan även uttryckas att det gäller att få rätt kvantitet, av rätt produkt, på rätt plats, vid rätt tidpunkt och av rätt kvalitet (Jensen, 2007).

Logistikkostnader kan delas in i följande grupper:

- Lagringskostnader
- Kostnader för kapitalbindning
- Kostnader för transportförpackning och lastbärare
- Administrationskostnader
- Indirekta logistikkostnader
- Transportkostnader.

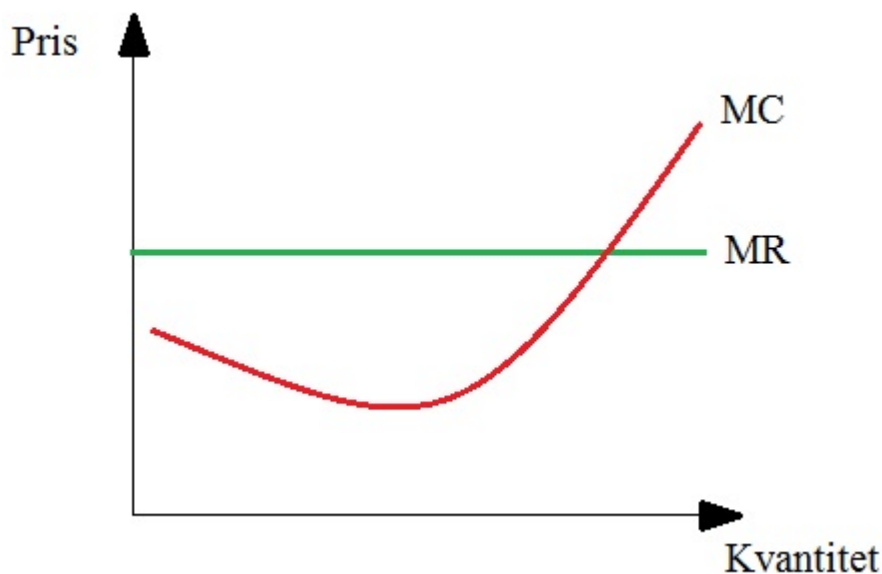
Till transportkostnader innefattas förflyttning samt hanteringskostnad för godset. Trots de definierade gruppindelningarna är det svårt att exakt säga hur kostnadsfördelningen ser ut (Björnland et al., 2003), men transportkostnaden bedöms vara den viktigaste komponenten (Athanassiadis et al., 2009).

3.2 Marginalintäkt och marginalkostnad

Den ökning i totalkostnad då försäljning och produktion ökar med en enhet kallas för marginalkostnad (MC) (Nationalencyklopedin, 2011b).

Den ökning i totalintäkt då försäljning och produktion ökar med en enhet kallas för marginalintäkt (MR) (Nationalencyklopedin, 2011c).

Den volym som resulterar i att marginalkostnaden är lika med marginalintäkten är den volym som det enskilda företaget väljer att producera då detta maximerar vinsten, vilket illustreras i figur 6. Sambandet gäller vid perfekt konkurrens och då är priset detsamma som marginalintäkten (Carlén & Wibe, 2008).



Figur 6. Vinstmaximum vid perfekt konkurrens (fritt efter Carlén & Wibe, 2008).

Figure 6. Maximum profit in perfect competition.

Perfekt konkurrens är en teoretisk marknadsstruktur som främst används vid jämförelse av olika marknadsstrukturer. För att perfekt konkurrens skall råda på en marknad finns det flera kriterier som skall vara uppfyllda som exempelvis att det inte finns några aktörer som är så stora att de själva kan bestämma priset (Persson, 2002). En perfekt marknad existerar därför ej vid monopolsituation då en större aktör behärskar hela marknaden (Nationalencyklopedin, 2011d). Vid en monopolsituation är priset därför ej detsamma som marginalintäkten, utan är istället högre än marginalintäkten (Carlén & Wibe, 2008).

4. Antagande & förenklingar

- Terminalerna och skogsmarken där respektive upptagningsområde är beläget ägs av Göteborg Energi. Det finns alltså ingen konkurrens.
- Utav de under teoridelen definierade kostnadsgrupperna inom logistik är det endast transportkostnader som är relevanta i detta arbete. Utöver detta tillkommer även en förädlingskostnad.
- Tåg entreprenören kan bistå med tillräcklig lastkapacitet för att möta Göteborg Energis behov av tågtransport.

5. Material och Metod

Priser och kostnader i följande beräkningar är justerade till 2010 års prisnivå med hjälp av KPI (Statistiska Centralbyrån, 2011). Arbetet som genomförts i ArcMap förklaras i detta kapitel. Modellerna för tall- respektive granområdet återfinnes i bilaga 2 samt 3. För utförligare förklaring av modellerna, se bilaga 4. För beräkningar över tillåtet energiuttag för tall- samt granområdet, se bilaga 6 respektive 7. Uträkningar över potentiellt möjligt uttag för tall och gran återfinnes i bilaga 8. Kostnadsuträkning för samtliga fyra scenarion finns under bilaga 9,10,11 samt 12. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt för samtliga scenarion i kr/MWh återfinnes under bilaga 13,14,15 samt 16. För marginalintäkt i kr/m³sk för tall- respektive granområdet, se bilaga 17 samt 18.

5.1 Avlägg till terminal

5.1.1 Upptagningsområde

För att få fram hur stort upptagningsområde som krävs för att uppnå önskad mängd grot som efterfrågas av värmeverket i Göteborg användes kNN-data som behandlades i Esri's ArcMap. Placering av dessa terminaler valdes med hjälp av en okulär skattning av volymrasterna för de båda trädslagen. Där volymen bedömdes som högst för respektive trädslag placerades sedan en terminal ut i anslutning till järnvägen. Terminalen för tallområdet är belägen vid Medelås i Västerbottens län, medan terminalen för granområdet är placerad vid Björbäcksbodarna i Jämtlands län, se bilaga 1. Potentiellt virkesuttag uppskattades endast på de områden som uppfyllde lägsta slutavverkningsålder samt där minst två tredjedelar var gran respektive tall på de olika upptagningsområdena.

För att få fram den lägsta tillåtna slutavverkningsåldern användes Skogshögskolans boniteringssystem för att uppskatta ståndortsindex utifrån medeltillväxten för de båda områdena. Denna medeltillväxt erhöles genom att med riksskogstaxeringsdata beräkna medeltillväxten för respektive trädslag på respektive område. Dessa värden gav ett ståndortsindex på T18 samt G22 vilket egentligen innebär en lägsta slutavverkningsålder på 85 respektive 75 år (Skogsstyrelsen, 2010b). Genom att justera den lägsta slutavverkningsåldern till 90 år för tall samt 80 år för gran har hänsyn tagits till osäkerheten i uppskattningarna för ståndortsindex. För Göteborg Energi kommer den företagsekonomiska aspekten i andra hand då prioritering istället ligger på bland annat framsynhet, stabilitet och miljöfokus (Göteborg Energi AB, 2011c). Med denna förutsättning så avverkas endast 85 % av den årliga väderkorrigerade tillväxten för det aktuella trädslaget. Detta för att säkra den framtida virkesförsörjningen och för att värna om ett långsiktigt hållbart skogsbruk.

Grotvolymen skattades utifrån antagandet om att grotvolymen är 30,2 % av stamvedsvolymen. Detta antagande brukades i den skogliga konsekvensanalysen från 2008 i scenariot där man ej tagit hänsyn till varken ekologiska eller ekonomiska restriktioner (Skogsstyrelsen, 2008). Av den totala grotmängden lämnades 25 % på hygget för att överträffa skogsstyrelsens rekommendationer (Skogsstyrelsen, 2011). För att erhålla tillräcklig mängd grot anpassades radien på upptagningsområdet efter kraven från kraftvärmeverket. Det verkliga grotuttaget i m³sk omvandlades därefter till mängden grot i ton med fukthalt 45 %.

$$V_g = V_s * A_g$$

$$V_g * T_g = V_{ug}$$

$$Gr = V_{ug} * D$$

V_g = Grotvolymen (m³sk)

V_s = Stamvedsvolym (m³sk)

A_g = Grotmängden i relation till stamvedsmängden

T_g = Praktiskt tillvaratagande av grot i förhållande till möjligt

V_{ug} = Verkligt grotuttag (m³sk)

Gr = Mängden grot (ton) med fukthalt 45 %

D = Rå densitet

5.1.2 Naturhänsyn

Utöver hänsynstagandet i och med det blygsamma grotuttaget, den justerade slutavverkningsåldern samt restriktionen för maximalt virkesuttag av den årliga tillväxten så visades ytterligare hänsyn genom att lämna en 15 meters buffertzona kring sjöar, vattendrag och naturreservat.

5.1.3 Medeltransportavstånd

Radien för respektive upptagningsområde användes sedan för att beräkna medeltransportavståndet med hjälp av en slingerfaktor. För att uppskatta slingerfaktorn valdes 30 punkter slumpvis ut i de båda upptagningsområdena, till vilka vägavståndet från terminalen jämfördes med fågelvägen.

$$\overline{td} = \frac{2}{3} r(w)$$

\overline{td} = medeltransportavstånd (km)

r = radie (km)

w = slingerfaktor

5.1.4 Transportkostnad

Utifrån medeltransportavståndet och mängden grot i ton beräknades därefter transportarbetet. Groten transporterades med en självlastande bil från avlägg till terminal. Maximal lastkapacitet för detta fordon är 30 ton, men som en följd av grotens skrymmande karaktär användes resultat från Rolf Björheden för att sätta medellastvikten till 22 ton (Björheden, 2001). Med hjälp av denna vetskap kunde antalet laststräckor erhållas för att slutligen kunna beräkna transportkostnaden samt lastning- och lossningskostnad för den efterfrågade grotmängden från avlägg till terminal med lastbil. För transportkostnaden fanns en kostnad för skogsvägskörning och en kostnad för landsvägskörning. Med ArcMap uppskattades sedan okulärt andelen skogsbilväg till 20 % vilket använts i kommande beräkningar.

$$LS = \frac{Gr}{L}$$

$$KR_{LL} = (LL * L) * LS$$

$$TA = \overline{td} * L$$

$$KR_{TK} = (TA * TK) * LS$$

LS = Laststräckor (antal)

Gr = Mängden grot (ton) med fukthalt 45 %

L = Medellastvikt (ton)

KR_{LL} = Total kostnad lastning & lossning (kr)

LL = Lastning & lossningskostnad (kr/ton)

TA = Transportarbete (tonkm)

\overline{td} = medeltransportavstånd (km)

KR_{TK} = Total kostnad transportarbete (kr)

TK = Transportkostnad (kr/tonkm)

5.2 Förädling på terminal

5.2.1 Pelleteringskostnad

I denna studie används en fukthalt på 8 % för pellets, därför räknas mängden grot om från fukthalt 45 % till 8 %. Den rörliga kostnaden för pelletering sattes till 1248 kr/ton. Dessa värden är hämtade från Abrahamsson (2008).

$$f = \frac{m_{vatten}}{m_{vatten} + m_{torrmassa}}$$

$$m_{vatten\ 8\%} = \frac{m_{torrmassa} * f}{1 - f}$$

f = fukthalt

m_{vatten} = massa vatten (kg)

$m_{\text{torrmassa}}$ = massa torrmateriel (kg)

$m_{\text{vatten } 8\%}$ = massa vatten (kg) vid fukthalt 8 %

5.2.2 Flisningskostnad

I studien används en fukthalt på 45 %. Mängden grot i ton omvandlas till m^3 s. Flisning på terminal räknas med en produktion på $70\text{m}^3/\text{G}_{15}\text{-tim}$ och en rörlig kostnad på 1495 kr/ $\text{G}_{15}\text{-tim}$ (Engblom, 2007). Med hjälp av denna information beräknades den totala flisningskostnaden.

5.3 Terminal till värmeverk

5.3.1 Transportlängd från terminal gran

Sträckan för tågtransporten blev 89,8mil och erhöles med hjälp av ArcMap. För detta användes lantmäteriets vägkarta från 2009.

5.3.2 Transportlängd från terminal tall

Sträckan för tågtransporten blev 119,7mil och erhöles med hjälp av ArcMap. För detta användes lantmäteriets vägkarta från 2009.

5.3.3 Tågtransport

För tågtransport av biobränsle finns ett antal begränsningar vilka ska följas. Detta gäller maxvikt och lastvolym för både container, vagn och tåg. Utöver dessa restriktioner finns även en längdrestriktion för hela tåg ekipaget.

5.3.4 Antal laststräckor – Pelletering

Rå bulkdensiteten för pellets multiplicerades med tågets maximala lastvolym för att erhålla den maximala lastvikten. Detta värde jämfördes med den totala mängden pellets som skulle transporteras för att få ut behövt antal tåglaster. För pelletstransporten med tåg var det vikten som var den begränsande faktorn.

5.3.5 Antal laststräckor - Flisning

Rå bulkdensiteten för flis multiplicerades med tågets maximala lastvolym för att erhålla den maximala lastvikten. Detta värde jämfördes med den totala mängden flis som skulle transporteras för att få ut antalet nödvändiga tåglaster. För flistransporten med tåg var det volymen som var den begränsande faktorn, detta på grund av den jämförelsevis låga densiteten

5.3.6 Transportkostnad terminal - värmeverk

Slutligen tillkom en kostnad för på- och avlastning samt transportkostnad med tåg från terminal till kraftvärmeverket. Loket är av eldriven modell.

5.4 Totalkostnad avlägg till terminal

Slutligen summerades förädlingskostnaden med transportkostnaderna för att erhålla den totala kostnaden från avlägg till värmeverk.

5.5 Marginalkostnad

För var terminal har totalkostnaden beräknats för ett upptagningsområde med en radie på 20, 30, 40, 50, 60 samt 70 km. Genom att dividera differensen i total kostnad med differensen i mängd tillförd energi erhålles en marginalkostnad. Nedan ges ett exempel på hur marginalkostnaden beräknas för ett upptagningsområde med en radie på 70 km.

$$MC_{70} = \frac{TC_{70} - TC_{60}}{V_{ug(70)} - V_{ug(60)}}$$

MC_{70} = marginalkostnad (kr/MWh) för upptagningsområde med en radie på 70 km.

TC_{70} = Total kostnad (kr) från avlägg till värmeverk med förädling för upptagningsområde med radie på 70 km.

TC_{60} = Total kostnad (kr) från avlägg till värmeverk med förädling för upptagningsområde med radie på 60 km.

$V_{ug(70)}$ = Tillförd mängd energi (MWh) för upptagningsområde med radie på 70 km.

$V_{ug(60)}$ = Tillförd mängd energi (MWh) för upptagningsområde med radie på 60 km.

5.6 Marginalintäkten

Beräknades med samma metod som marginalkostnaden, men istället för den totala kostnaden användes differensen för den totala intäkten. Intäkten är en uppskattning som gjorts utifrån energimängd samt energipriset för en MWh, exklusive moms och punktskatt. Energimängden erhöles genom att multiplicera den levererade energimängden med gällande verkningsgrad.

5.7 Beräkningsförutsättningar

I detta avsnitt finns alla förutsättningar för genomförda beräkningar listade.

5.7.1 Avlägg till terminal

5.7.1.1 Upptagningsområde

Jmtl Jämt Genomsnittlig väderkorrigerad avsatt tillväxt för Gran **4,58 m³sk/ha**
(Sveriges Lantbruksuniversitet, 2008)

Vbtn lappm Genomsnittlig väderkorrigerad avsatt tillväxt för Tall **3,37 m³sk/ha**
(Sveriges Lantbruksuniversitet, 2008)

Maximalt uttag av årlig tillväxt (U_{max}) **85 %**

Grotmängden i relation till stamvedsmängden (A_g) **30,20 %**
(Skogsstyrelsen, 2008)

Praktiskt tillvaratagande av grot i förhållande till möjligt (T_g) **75 %**

Tall Rådensitet fukthalt 45 % (D_t) **800 kg/m³fpb**
(Palo, 2011)

Gran Rådensitet fukthalt 45 % (D_g) **750 kg/m³fpb**
(Palo, 2011)

Fukthalt färsk grot (f_g) **45 %**
(Strömberg, 2005)

Energivärde **19,2 MJ/kgTS**
(Ringman, 1995)

5.7.1.2 Lastbilstransport

Tall Slingerfaktor (w_t) **1,61**

Gran Slingerfaktor (w_g) **1,57**

Lastbil maximal lastkapacitet **30 ton**

Medellastvikt (L) **22 ton**

Last- & lossningskostnad (LL) **33,63 kr/ton**
(Näslund, 2006)

Transportkostnad (TK) **0,76 kr/tonkm**
(Näslund, 2006)

5.7.2 Terminal

5.7.2.1 Förädling

<i>Pelletering rörlig kostnad (K_p)</i>	1248 kr/ton
<i>Pellets rå bulkdensitet (BD_p)</i> (Strömberg, 2005)	700 kg/m³s
<i>Fukthalt Pellets</i>	8 %
<i>Flisning rörlig kostnad (K_f)</i>	1495 kr/ G₁₅h
<i>Flis rå bulkdensitet (BD_f)</i> (Strömberg, 2005)	320 kg/m³s
<i>Fukthalt Flis</i>	45 %
<i>Flisning Produktionskapacitet (P_f)</i>	70 m³s/G₁₅h
<i>Flisning Teknisk Utnyttjandegrad (TU_f)</i>	95 %

5.7.3 Terminal till värmeverk

5.7.3.1 Tågavstånd

<i>Gran Tågavstånd (TA_g)</i>	89,8 mil
<i>Tall Tågavstånd (TA_t)</i>	119,7 mil

5.7.3.2 Tågrestriktioner

<i>Maxlast per vagn</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	70 ton
<i>Maxvikt container</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	26,4 ton
<i>Maxlast tåg</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	1 600 ton
<i>Container vikt</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	9 ton
<i>Vagn vikt</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	20 ton
<i>Maxvolym container</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	44 m³s
<i>Maxlängd tåg</i> (Andersson 2011, pers. komm.)	630 m

Längd vagn
(Andersson 2011, pers. komm.)

20 m

Transportkostnad
(Andersson 2011, pers. komm.)

1900 kr/mil

Last- & lossning
(Andersson 2011, pers. komm.)

700 kr/tåg

5.7.4 Värmeverk

5.7.4.1 Göteborg Energi AB

Energipris, bundet i 5 år, exklusive moms samt punktskatt
(Göteborg Energi DinEl AB, 2011)

585 kr/MWh

Verkningsgrad
(Svensk Fjärrvärme AB, 2008)

87 %

6. Resultat

I detta kapitel finnes resultaten till de uppsatta målen a, b samt c.

6.1 Scenario 1

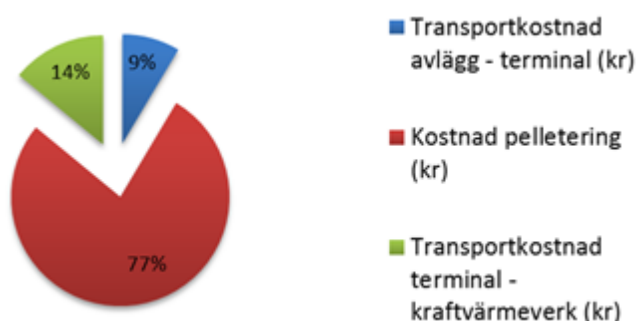
Terminal med talldominerat upptagningsområde med pelletering som enda förädlingsform.

- a) Den erforderade radien för upptagningsområdet blev 60 km vilket resulterade i 1017 levererade GWh.
- b) Kostnaden för pelletering samt transport blev 334 065 000 kr.
- c) I tabell 1 framgår marginalkostnad samt marginalintäkt för upptagningsområdena med en radie från 30 till 70 km.

Tabell 1. Marginalkostnad samt marginalintäkt för talldominerat upptagningsområde med pelletering som enda förädlingsform.

Table 1. Marginal cost and marginal revenue for the pine harvesting area dominated by pelleting as single process

Radie (km)	Marginalkostnad för tall, Pellets (kr/MWh)	Marginalintäkter för tall, Pellets (kr/MWh)
20	-	-
30	322	509
40	327	509
50	331	509
60	335	509
70	339	509



Figur 7. Scenario 1: Talldominerat upptagningsområde med pelletering.

Figure 7. Scenario 1: Pine-dominated harvesting area with pelleting.

6.2 Scenario 2

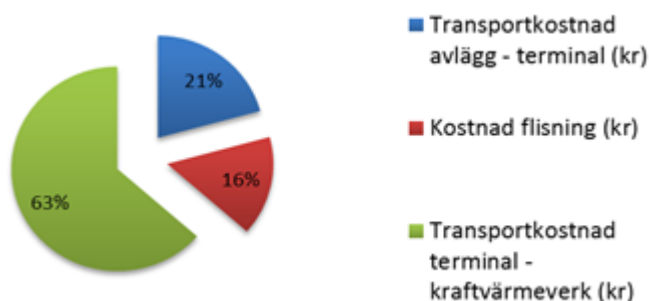
Terminal med talldominerat upptagningsområde med flisning som enda förädlingsform.

- Den erforderade radien för upptagningsområdet blev 60 km vilket resulterade i 1017 levererade GWh.
- Kostnaden för flisning samt transport blev 137 657 000 kr.
- I tabell 2 framgår marginalkostnad samt marginalintäkt för upptagningsområdena med en radie från 30 till 70 km.

Tabell 2. Marginalkostnad samt marginalintäkt för talldominerat upptagningsområde med flisning som enda förädlingsform.

Table 2. Marginal cost and marginal revenue for the pine harvesting area dominated by chipping as single process

Radie (km)	Marginalkostnad för tall, Flis (kr/MWh)	Marginalintäkt för tall, Flis (kr/MWh)
20	-	-
30	129	509
40	134	509
50	138	509
60	142	509
70	146	509



Figur 8. Scenario 2: Talldominerat upptagningsområde med flisning.

Figure 8. Scenario2: Pine-dominated harvesting area with chipping.

6.3 Scenario 3

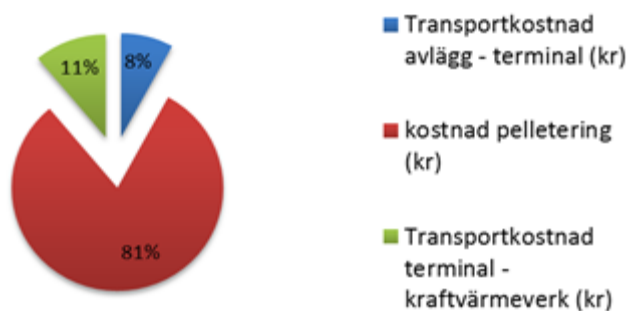
Terminal med grandominerat upptagningsområde med pelletering som enda förädlingsform.

- a) Den erforderade radien för upptagningsområdet blev 50 km vilket resulterade i 917 levererade GWh.
- b) Kostnaden för pelletering samt transport blev 288 264 000 kr.
- c) I tabell 3 framgår marginalkostnad samt marginalintäkt för upptagningsområdena med en radie från 30 till 70 km.

Tabell 3. Marginalkostnad samt marginalintäkt för grandominerat upptagningsområde med pelletering som enda förädlingsform.

Table 3. Marginal cost and marginal revenue for the spruce harvesting area dominated by pelleting as single process

Radie (km)	Marginalkostnad för gran, Pellets (kr/MWh)	Marginalintäkter för gran, Pellets (kr/MWh)
20	-	-
30	311	509
40	315	509
50	319	509
60	324	509
70	327	509



Figur 9. Scenario 3: Grandominerat upptagningsområde med pelletering.

Figure 9. Scenario 3: Spruce-dominated harvesting area with pelleting.

6.4 Scenario 4

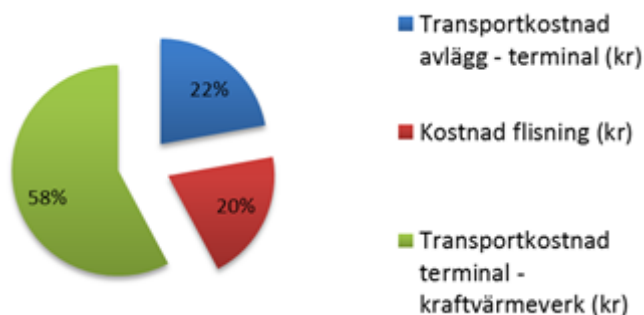
Terminal med grandominerat upptagningsområde med flisning som enda förädlingsform.

- a) Den erforderade radien för upptagningsområdet blev 50 km vilket resulterade i 917 levererade GWh.
- b) Kostnaden för flisning samt transport blev 103 610 000 kr.
- c) I tabell 4 framgår marginalkostnad samt marginalintäkt för upptagningsområdena med en radie från 30 till 70 km.

Tabell 4. Marginalkostnad samt marginalintäkt för grandominerat upptagningsområde med flisning som enda förädlingsform.

Table 4. Marginal cost and marginal revenue for the spruce harvesting area dominated by chipping as single process

Radie (km)	Marginalkostnad för gran, Flis (kr/MWh)	Marginalintäkter för gran, Flis (kr/MWh)
20	-	-
30	109	509
40	114	509
50	118	509
60	122	509
70	126	509



Figur 10. Scenario 4: Grandominerat upptagningsområde med flisning.

Figure 10. Scenario 4: Spruce-dominated harvesting area with chipping.

6.5 Klargörande av resultat

Resultatet visade att det för granområdet krävdes en radie på 50 km för att uppfylla behovet från kraftvärmeverket, medan det för tallområdet krävdes en radie på 60 km.

Vid jämförelse av de olika förädlingsformerna gav pelleteringsalternativet en betydligt högre totalkostnad jämfört med flisningsalternativet.

I figur 7,8,9 och 10 kan kostnadsfördelningen för de fyra scenarierna utläsas. Här bekräftas det att pelleteringskostnaden utgör den största delen av den totala kostnaden då den för tall- och granområdet utgör 77 respektive 81 % av den totala kostnaden. Detta kan jämföras med flisningskostnaden som endast står för 16 respektive 21 % av den totala kostnaden. För de scenarier där flisning brukades är det istället tågtransporten som står för den procentuellt största kostnadsandelen med 63 % för scenario 2 samt 58 % för scenario 4.

I resultatet framkom även att scenario 1 och scenario 2 gav en högre marginalkostnad än scenario 3 och scenario 4.

Utöver detta framgick även att scenario 1 och scenario 3 gav en ansenligt högre marginalkostnad jämfört med scenario 2 och scenario 4. I resultatet påvisades att scenario 1 hade en högre marginalkostnad jämfört med scenario 3 samt att scenario 2 gav en högre marginalkostnad än scenario 4.

Det alla scenarier har gemensamt är att marginalkostnaden aldrig överskred marginalintäkten.

Endast utifrån marginal- samt totalkostnad blev rangordningen av scenarierna med avseende på lönsamhet följande i fallande ordning:

- Scenario 4
- Scenario 2
- Scenario 3
- Scenario 1

7. Diskussion

Då vi i detta arbete använt oss av kNN-data som grund för våra beräkningar bör man reflektera över områdets areal och ha i åtanke att kNN-data inte bör användas om området understiger några hundra hektar (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2011). I vårt fall har detta inte varit något problem då våra upptagningsområden med kraft har överskridit denna gräns. Dock kan det nämnas att Riksskogstaxeringen som ligger till grund för kNN-data Sverige genomför fler mätningar i södra Sverige än i norra Sverige. Detta innebär att upplösningen är något lägre i norra Sverige där vi valde att placera våra upptagningsområden.

Vid utplacering av terminalerna gjordes en okulär uppskattning för att bedöma var de lämpligen skulle placeras. Det som här ansågs vara lämpligt var området där volymen bedömdes som störst samt att området skulle ligga i anslutning till en järnväg. Vi tog alltså ingen hänsyn till hur vägnätet såg ut vilket man i verkligheten självklart bör ta i beaktning.

Något som också kan ha påverkat vårt slutliga resultat är det faktum att vi räknade med en omräknad medeltillväxt för respektive trädslag vilka grundas på riksskogstaxeringens data för betydligt större areal än våra upptagningsområden.

Vi använde som tidigare nämnt även medeltillväxten för att få fram lägsta slutavverkningsålder, men anser oss ha tagit hänsyn till osäkerheten i medeltillväxt för våra specifika områden genom att ha justerat upp slutavverkningsåldern med fem år för vardera trädslag.

För att få ut mängd grot använde vi oss av förhållandet att grotmängden är 30,2 % i förhållande till stamvedsvolymen för de båda trädslagen. Vi tror dock att det finns en skillnad i andel grot beroende på vilket trädslag man räknar med men vi har i vårt arbete använt oss av denna förenkling av verkligheten.

När vi skulle beräkna slingerfaktorn gjorde vi detta för upptagningsområdena med en radie på 70 km, vilket var det största upptagningsområdet vi undersökte. Denna slingerfaktor användes sedan vid beräkning av medeltransportavstånd för samtliga radier vi undersökte. Detta är visserligen en generalisering då det troligen finns smärre skillnader i slingerfaktorn för de olika radierna men vi bedömer denna som försumbar.

Vårt resultat visade att vi för granområdet krävde en radie på 50 km för att uppfylla behovet från kraftvärmeverket, medan det för tallområdet krävdes en radie på 60 km. Detta beror helt enkelt på att volymen per hektar var högre på granområdet. Detta resulterade i sin tur i att tallområdet fick ett högre medeltransportavstånd och därigenom en högre transportkostnad från avlägg till terminal.

Med tanke på lastbilens låga lastkapacitet ger detta ett märkbart utslag i kostnad jämfört med om detta vore för tågtransporten. Även tågtransportavståndet var längre för tallområdet i detta fall, men denna kostnad är betydligt okänsligare för några extra mil tack vare sin enorma lastkapacitet.

Den totala kostnaden blev högre för tall än gran oavsett förädlingsform. Detta anser vi beror på de längre transportavstånden.

När vi jämförde de olika förädlingsformerna visade det sig att pelleteringsalternativet gav en betydligt högre totalkostnad jämfört med flisningsalternativet. Detta beror på att det är en mer krävande process att pelletera än att flisa vilket naturligtvis ger en högre förädlingskostnad.

Vi trodde att denna dyra förädlingskostnad skulle bli lönsam då transportkostnaden för pelletsen enligt oss borde vara betydligt lägre än för flisen med tanke på pelletsens höga densitet. Så blev dock ej fallet då det visade sig att kostnaden för att tillverka pellets inte kunde väga upp för den billigare transporten. Orsaken till detta tror vi beror på tågets begränsningar och restriktioner.

Att loket endast fick dra 1600 ton gjorde att antalet vagnar begränsades. Trots att vi per vagn fick med mer energi i form av pellets så hade det behövts betydligt fler vagnar per tåg för att väga upp för den dyra pelleteringskostnaden. Om vi däremot använt oss av ett dieseldrivna lok i våra beräkningar så hade vi kunnat få med oss fler vagnar per tåg än med det eldrivna loket.

Som tidigare nämnt visade resultatet att pelleteringskostnaden utgör den största delen av den totala kostnaden i scenarierna 1 och 3. Detta säger oss att det är i dessa scenarion som det är mest effektivt att försöka minimera förädlingskostnaden för att öka lönsamheten.

För de scenarier där flisning brukades är det istället tågtransporten som står för den procentuellt största kostnadsandelen. Orsaken till detta tros delvis vara att det för flisen krävs fler laststräckor för att få ner samma mängd bränsle på grund av flisens voluminösa karaktär. En annan orsak torde vara att förädlingskostnaden för flisning är relativt låg jämfört med pelleteringskostnaden, vilket gör att kostnadsandelen för tågtransporten procentuellt sätt blir märkbart högre. Dock bör man ta i beaktning att prisuppgifterna från Green Cargo AB troligen är en uppskattad förenkling av verkligheten då man antagligen inte bara får en kostnad per mil.

I diagrammen kan man även se att kostnadsandelen för tågtransport är högre i scenario 1 och scenario 2, vilket inte förvånar oss med tanke på den betydligt längre transportsträckan i dessa scenarier. Angående förädlingskostnaderna vill vi nämna att det var svårt att hitta flera olika källor för förädlingskostnad gällande både pelletering och stationär flisning vilket självklart hade kunnat stärka vårt beräkningsunderlag.

I resultatet visades att marginalintäkten blev den samma för samtliga scenarierna, vilket överensstämmer med teorin då man erhåller samma intäkt per energimängd oberoende av kostnaderna för transport och förädling. Från början räknade vi fram marginalintäkten per m³sk men fick då fram olika värden för de olika trädslagen. Detta visade sig bero på att de olika trädslagen hade olika densitet vilket resulterade i att tallen hade en högre marginalintäkt per m³sk jämfört med granen. Detta antyder enligt oss att energivärdet per m³sk är högre för tall än för gran. För detaljerad information se bilaga 17 för scenario 1 och scenario 2 samt bilaga 18 för scenario 3 och scenario 4.

Utöver detta framgick även att scenario 1 och scenario 3 gav en ansenligt högre marginalkostnad jämfört med scenario 2 och scenario 4. Vi förklarar dessa värden med den höga förädlingskostnaden. I resultatet framkom även att scenario 1 hade en högre marginalkostnad jämfört med scenario 3 samt att scenario 2 gav en högre marginalkostnad än scenario 4. Detta anser vi beror på transportavståndet då dessa scenarier, som vi tidigare nämnt, har ett längre medeltransportavstånd både från avlägg till terminal samt från terminal till kraftvärmeverket i Göteborg.

Det alla scenarier har gemensamt är att marginalkostnaden aldrig överskred marginalintäkten. Detta indikerar på att samtliga scenarier är ekonomiskt lönsamma och att det teoretiskt sätt finns utrymme för att expandera upptagningsområdena innan marginalkostnaden är lika med marginalintäkten. I verkligheten måste man självklart ta hänsyn till andra faktorer såsom brist på tillgänglig närliggande skogsmark.

Vi tror dock att marginalkostnaden hade kunnat sänkas. Detta genom att exempelvis minska buffertzonerna kring sjöar, vattendrag och naturreservat och därigenom möjliggöra ett ökat volymuttag. Vi räknade dessutom med att endast ta ut 85 % av tillväxten, när man enligt Lohmander, professor i skoglig företagsekonomi, till och med skulle kunna avverka mer än tillväxten under flera decennier (Lohmander, 2009). Utöver detta hade vi varken behövt överträffa eller följa skogsstyrelsens rekommenderade uttagsnivå av grot. Det bör alltså vara möjligt att kunna sänka marginalkostnaden ytterligare, men med anledning av att Göteborg Energi AB inte prioriterar den företagsekonomiska aspekten före stabilitet och miljöfokus så valde vi dessa hänsynstaganden.

Vid utvärderandet av marginalkostnaden bör det dock beaktas att vi i beräkningarna utelämnat ett antal troligen relevanta kostnader. Först och främst har vi inte räknat med några kostnader för kapitalbindning för varken terminal eller förädlingsutrustning, ej heller lagringskostnader på terminal. Vi har även utelämnat de fasta kostnaderna, vilket innebär att vi endast räknat med de rörliga kostnaderna. Vi tror dock att det i scenarierna med flis som förädlingsmetod, där differensen mellan marginalkostnaden och marginalintäkten var som störst, finns utrymme även för dessa utelämnade kostnader.

Allt eftersom arbetet fortskred kom vi fram till att svenska elbolag ej agerar på en marknad med full konkurrens utan det råder istället ett så kallat naturligt monopol. Den främsta orsaken till detta är att det vore samhällsekonomiskt ohållbart att lägga parallella elledningar (E.ON Sverige AB, 2011). Detta innebär i sin tur att marginalintäkten inte är det samma som priset. Vi valde att bortse från detta faktum då utvärderingen av lönsamheten skulle försvårats oerhört.

Slutligen kom vi fram till att det är vilken förädlingsform man använt sig av som är den mest avgörande faktorn i frågan om det är lönsamt eller ej. Val av trädslog spelar även in, men är ej lika avgörande då marginalkostnaden inte påverkas i samma grad som vid val av förädlingsform.

Utifrån rangordningen i resultatet kom vi fram till att scenario 4 var det scenario som var mest lönsamt, under de förenklingar och antaganden vi använt oss av, då detta gav lägst marginalkostnad.

Vi anser därför att det finns en möjlighet att uppnå en ekonomisk lönsamhet i att transportera biobränsle från norra Sverige till Göteborg.

7.1 Förslag på framtida studier

I framtida studier kan man undersöka en tidigareläggning av förädlingen genom att exempelvis bunta eller flisa groten redan på avlägg för att se hur den totala kostnaden påverkas av detta.

En annan intressant studie är att räkna med samtliga kostnader för att på så vis kunna göra en rättvis bedömning över huruvida det är ekonomiskt lönsamt att transportera biobränslet från norr till söder genom att jämföra med kostnaden att använda olja.

Slutligen vill vi nämna att det vore spännande att använda torrefiering som förädlingsmetod då vår delade uppfattning är att denna metod kommer bli allt vanligare inom en snar framtid. I dagsläget finns det dock för lite tillgänglig fakta på området.

Tillkännagivanden

Ett stort tack riktas till de personer som har hjälpt oss i vårt arbete;

Rolf Björheden, Skogforsk

Anders Pettersson, Institutionen för skoglig fjärranalys

Anders Roos, Institutionen för skogens produkter

Ola Carlén, Institutionen för skogsekonomi

Dimitris Athanassiadis, Institutionen för skoglig resurshushållning

Iwan Wästerlund, Institutionen för skoglig resurshushållning

Mikael Andersson, Green Cargo AB

Referenslista

Abrahamsson, C. (2008). *Integrering av pelletsfabrik med Rya kraftvärmeverk I Göteborg*. [online] Tillgänglig: http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00003160/01/abrahamsson_c_090505.pdf [2011-03-27]

Andersson, M. (Mikael.Andersson@greencargo.com), 2011-03-31. SV: Transportkostnad. E-post till Pettersson, T. (tope0002@stud.slu.se) .

Athanassiadis, D., Melin, Y., Lundström, A., Nordfjell, T. (2009). *Marginalkostnader för skörd av grot och stubbar från föryngringsavverkningar i Sverige*. [online] Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/4674/1/Arbetsrapport_261_Marginalkostnadskurvor.pdf [2011-03-13]

Bergström, D. (2005). *Pelletering av tallspån – grundläggande studier*. [online] Tillgänglig: <http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00001479/01/Exjobb2005-80.pdf> [2011-04-01]

Björnland, D. Persson, G. Virum, H. (2003) *Logistik för konkurrenskraft – ett ledaransvar*. Malmö, Liber Ekonomi.

Björheden, R. (2001). *Learning curves in tree section hauling in central Sweden*. Tillgänglig: <http://lib.unb.ca/Texts/JFE/January01/Bjor.pdf> [2011-04-01]

Carlén, O., Wibe, S. (2008). *Skogsekonomi – en introduktion*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.

Engblom, G. (2007). *Systemanalys av skogsbränsletransporter*. [online] Tillgänglig: http://www.efokus.se/media/rapport_8_systemalalys.pdf [2011-03-28]

E.ON Sverige AB (2011). *Elnätet – ett reglerat monopol*. [online] Tillgänglig: <http://www.eon.se/templates/Eon2TextPage.aspx?id=71878&epslanguage=SV> [2011-04-10]

European Parliament, Council (2009). *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance)*. [online] Tillgänglig: <http://eur-ex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF> [2011-03-30]

Göteborg Energi AB (2011a). *Göteborg Energi med dotterbolag*. [online] Tillgänglig: http://www.goteborgenergi.se/Files/dok/Om%20GE/Organisationsschema_dotterbolag.pdf [2011-03-24]

Göteborg Energi AB (2011b). *Det här är Göteborg Energi*. [online] Tillgänglig: http://www.goteborgenergi.se/Om_oss/Var_verksamhet/Organisation [2011-03-24]

Göteborg Energi AB (2011c). *Affärsidé och vision*. [online] Tillgänglig: http://www.goteborgenergi.se/Om_oss/Var_verksamhet/Affarsid_och_Vision [2011-03-25]

Göteborg Energi AB (2011d). *Gothenburg Biomass Gasification Project, GoBiGas*. [online] Tillgänglig: http://www.goteborgenergi.se/Om_oss/Var_verksamhet/GoBiGas [2011-03-24]

- Göteborg Energi DinEl AB (2011) *Fast elpris fem år*. [online] Tillgänglig: <http://dinel.se/Privat/erbjudanden/Produktcontainer/fast-elpris-5-ar/> [2011-04-02]
- Göteborgs Stad. (2011a). *Miljö kvalitetsmål Göteborg – Miljömål för Göteborg*. [online] <http://www.goteborg.se/wps/portal/miljokvalitetsmal> [2011-04-06]
- Göteborgs Stad. (2011b). *Miljö kvalitetsmål Göteborg- När vi målet begränsad klimatpåverkan?* [online] http://www.goteborg.se/wps/portal/!ut/p/c5/jctBDsIgEEDRs_QEDAzgbFtqCtWABDW1G8PCmCa2dWH0-nIDzV--fDay0pLf0z2_pnXJDzawUV-F2sVG9AajlQHhj9SnoLmyUPxSHJPcphYhaNmCi3RASlyIs_rnNI1t5WYPQLIDcLIJ3prIweGP29t1vrHnfBo-dVV9AT_mbhA!/dl3/d3/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/goteborg.se/goteborg_se/politikoorganisation/organisation/projekt/miljokvalitetsmal+goteborg/art_n800_begransad_klimatpavarkan_uppfoljning?contentIDR=fd425d804fc497e5a4dcbf5fa5a384e4&useDefaultText=0&useDefaultDesc=0 [2011-04-06]
- Jensen, A. (2007) *Logistikkostnader, konkurrenskraft och infrastruktur*. [online] Tillgänglig: http://www.vgregion.se/upload/Regionkanslierna/regionutveckling/Kommunikation/2_Svenska%20f%C3%B6retags%20logistikkostnader.pdf?epslanguage=sv [2011-04-10]
- Kastberg, S. (1995). *Faktablad – bränslesortiment*. [online] Tillgänglig: <http://www.novator.se/bioenergy/facts/fakta-1.html>. [2011-03-23]
- Lambert, D & Stock, J. (2001). *Strategic Logistics Management*, Boston, McGraw-Hill/ Irwin.
- Lohmander, P. (2009) *Svensk Skogsenergi*. [online] Tillgänglig: http://www.lohmander.com/PL_SvSE_090205.pdf [2011-04-07]
- Lumsden, K. (1998). *Logistikens Grunder, teknisk logistik*. Lund, Studentlitteratur.
- Lantmäteriet (2009). *Väggkartan*
- Miljödepartementet & Näringsdepartementet (2009).** *En sammanhållen klimat-och energipolitik*. [online] Tillgänglig: <http://www.sweden.gov.se/content/1/c6/12/29/38/77631d4b.pdf> [2011-03-30]
- Miljödepartementet (2002). *Johannesburg – FN:s världstoppmöte om hållbar utveckling*. [online] Tillgänglig: <http://www.sweden.gov.se/content/1/c4/27/90/b4696896.pdf> [2011-03-30]
- Miljödepartementet (2009). *EU:s klimatarbete*. [online] Tillgänglig: <http://www.sweden.gov.se/sb/d/8857> [2011-03-30]
- Miljödepartementet (2011). *Klimat*. [online] Tillgänglig: <http://www.sweden.gov.se/sb/d/3188> [2011-03-28]
- Nationalencyklopedin (2011a). *Biobränsle*. [online] Tillgänglig: <http://www.ne.se/biobransle> [2011-03-26]

- Nationalencyklopedin (2011b). *Marginalkostnad*. [online] Tillgänglig: <http://www.ne.se/marginalkostnad> [2011-03-26]
- Nationalencyklopedin (2011c). *Marginalintäkt*. [online] Tillgänglig: <http://www.ne.se/marginalintäkt> [2011-03-26]
- Nationalencyklopedin (2011d). *Monopol*. [online] Tillgänglig: <http://www.ne.se/monopol/1125365> [2011-04-07]
- Näslund, M. (2006). *Vägtransport av lös och buntad grot*. [online] Tillgänglig: http://www.efokus.se/media/rapport_6_v_gtransporter.pdf [2011-03-24]
- Palo, I. (2011). *Omvandlingstabell vanliga kubikmetermått i skogen*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogssverige.se/skog/skogen/swe/lathund.cfm> [2011-03-18]
- Persson, K. (2002). *Penningpolitik och konkurrens – Roslagens Sparbanks årsstämma*. [online] Tillgänglig: <http://www.riksbank.se/upload/6557/020417.pdf> [2011-04-07]
- Ringman, M. (1995). *Trädbränslesortiment – definitioner och egenskaper*. [online] Tillgänglig: <http://www2.slu.se/forskning/fakta/faktaskog/pdf95/4S95-05.pdf> [2011-03-26]
- Skogforsk (2009a). *Skogsbränsle är en av många bioenergikällor*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Energi-fran-skog/Biobransle---vad-ar-det1/> [2011-03-27]
- Skogforsk (2009b). *Skogsbränsle - tillgångar och utnyttjande i Sverige. 3. Förbrukning i fjärrvärmeverk*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Energi-fran-skog/Har-finns-skogsbranslet/Forbrukning-av-skogsbransle-i-Sverige/> [2011-03-27]
- Skogforsk (2009c). *Skogsbränsle – tillgångar och utnyttjande i Sverige 2. Uttag av grot*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Energi-fran-skog/Har-finns-skogsbranslet/Uttag-av-skogsbransle-i-Sverige/> [2011-03-27]
- Skogforsk (2009d). *Skotning och skotningsavstånd*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Grenar-och-toppar/Avverkningsplanering/Skotning-och-skotningsavstand/> [2011-03-02]
- Skogforsk (2010a). *Grenar och toppar – grot*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Grenar-och-toppar/> [2011-03-03]
- Skogforsk (2010b). *Sönderdelning och transport av skogsbränsle*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Grenar-och-toppar/Transport-av-skogsbransle/> [2011-03-03]
- Skogsstyrelsen (2008). *Skogliga konsekvensanalyser 2008*. [online] Tillgänglig: <http://shop.textalk.se/shop/9098/art66/4646166-79b6f0-1812.pdf> [2011-03-20]

Skogsstyrelsen (2010a). *Skogsstatistisk årsbok 2010*. [online] Tillgänglig: [http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok/01.%20Hela%20-%20Entire/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok%202010%20\(hela\).pdf](http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok/01.%20Hela%20-%20Entire/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok%202010%20(hela).pdf) [2011-04-01]

Skogsstyrelsen (2010b). *Skogsvårdslagstiftningen*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/svl/SVL%202010.pdf> [2011-03-20]

Skogsstyrelsen (2011). *Grotuttag*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skota-skog-/Skogsbransle/Grotuttag/> [2011-03-20]

Standardiseringskommissionen i Sverige (2000). *Biobränslen och torv – Terminologi*. Svensk Standard SS 18 71 06.

Statens Energimyndighet (2010). *Energiläget 2010*. [online] Tillgänglig: http://webbshop.cm.se/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/Static/6792e3736ce045c4a41f2c397b1eff97/ET2010_45.pdf [2011-03-29]

Statens Energimyndighet (2011). *Pellets och briketter*. [online] Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/sv/hushall/din-uppvarmning/biobransle---ved-och-pellets/Pellets/> [2011-03-01]

Statistiska Centralbyrån (2009). *Sveriges folkmängd 31/12 2008, definitiva uppgifter*. [online] Tillgänglig: http://www.scb.se/Pages/PressRelease_262430.aspx [2011-03-15]

Statistiska Centralbyrån. (2010). *Energiöversikt; Slutanvändning (per bränsle), Göteborg*. [online] Tillgänglig: http://www.h.scb.se/scb/mr/enbal/guide2/en_frame.htm [2011-03-15]

Statistiska Centralbyrån (2011). *Konsumentprisindex (KPI)*. [online] Tillgänglig: http://www.scb.se/Pages/TableAndChart_272151.aspx [2011-04-13]

Strömberg, B. (2005). *Bränslehandboken*. [online] Tillgänglig: <http://webd.savonia-amk.fi/projektit/tewa/Energiateknikka/Energialabra/Polttoaineanalyysit/Sekalaista%20materიაალი%20aiheesta/Br%C3%A4nslehandbokF4-324a.pdf> [2011-03-05]

Svensk Fjärrvärme AB (2008). *Statistik 2008*. [online] Tillgänglig: http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/Rapporter_och_Dokument/Statistik/Fjarrvarmen%20i%20siffror/Branslen%20och%20Produktion/Statistik%202008%20exccelfil%20version%20i%20xlsx.xlsx [2011-03-01]

Svenska Trädbränsleföreningen (2009a). *Fakta: Flis*. [online] Tillgänglig: http://www.tradbransle.se/fakta_flis.asp [2011-03-02]

Svenska Trädbränsleföreningen (2009b). *Fakta: Pellets*. [online] Tillgänglig: http://www.tradbransle.se/fakta_pellets.asp [2011-03-02]

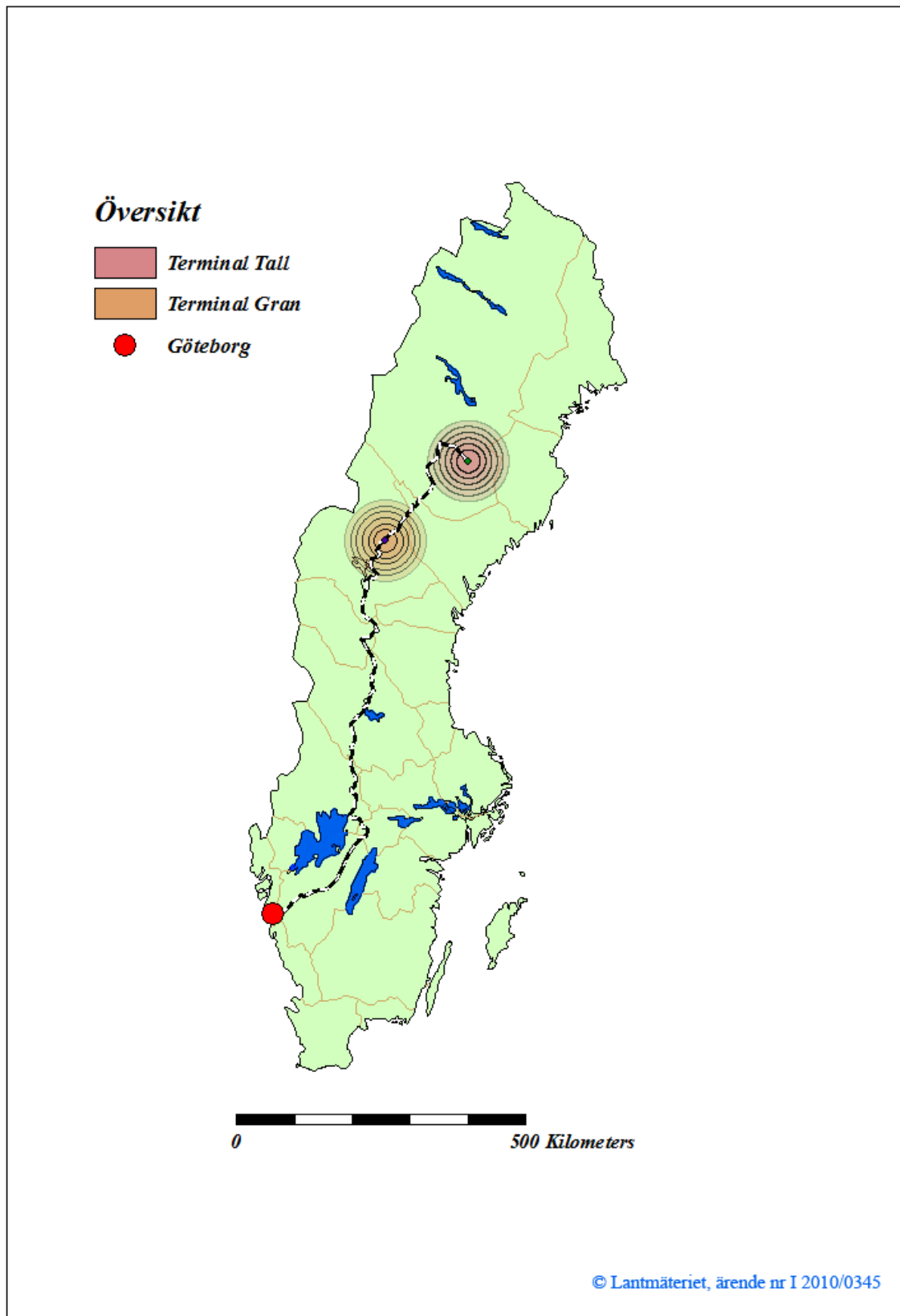
Sveriges Lantbruksuniversitet (2008). *Skogsdata 2008*. [online] Tillgänglig: http://pub-epsilon.slu.se:8080/402/01/Skogsdata_2008.pdf [2011-03-10]

Sveriges Lantbruksuniversitet (2011). *SLU Skogskarta*. [online] Tillgänglig: <http://skogskarta.slu.se/> [2011-03-24]

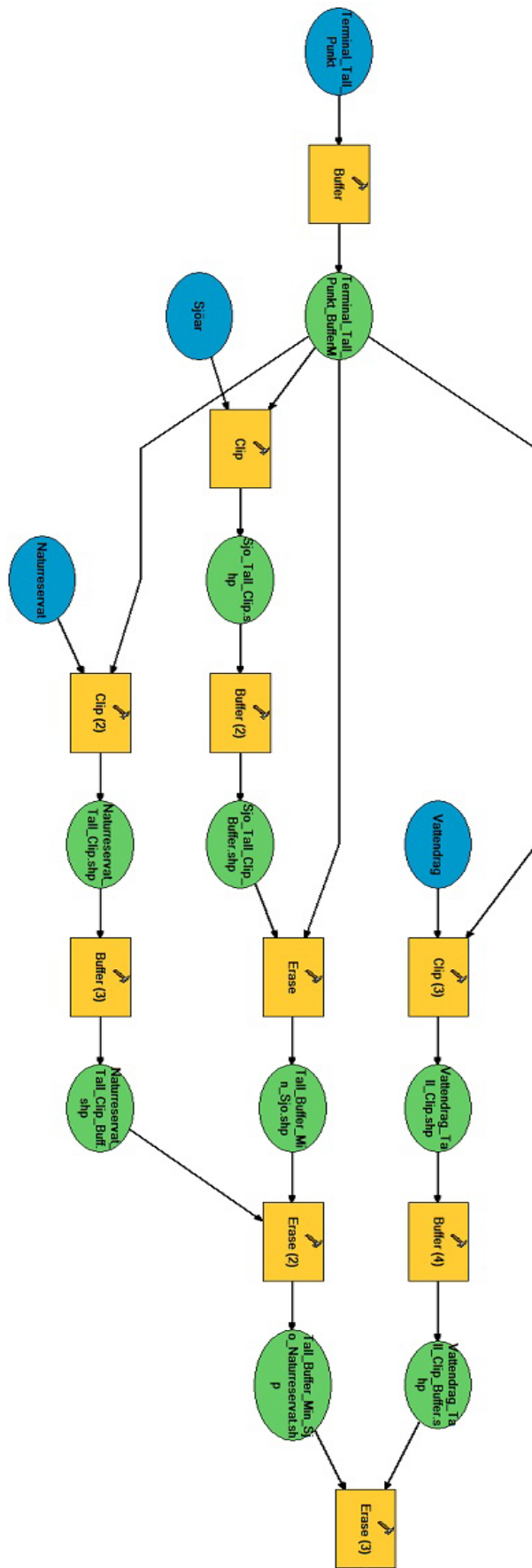
United Nations (1998). *Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change*. [online] Tillgänglig: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> [2011-03-30]

Wästerlund, D. (2006) *Fråga om* [online] Tillgänglig: <http://www.skogssverige.se/fragaom/detail.cfm?Id=10272&listnew=1> [2011-03-26]

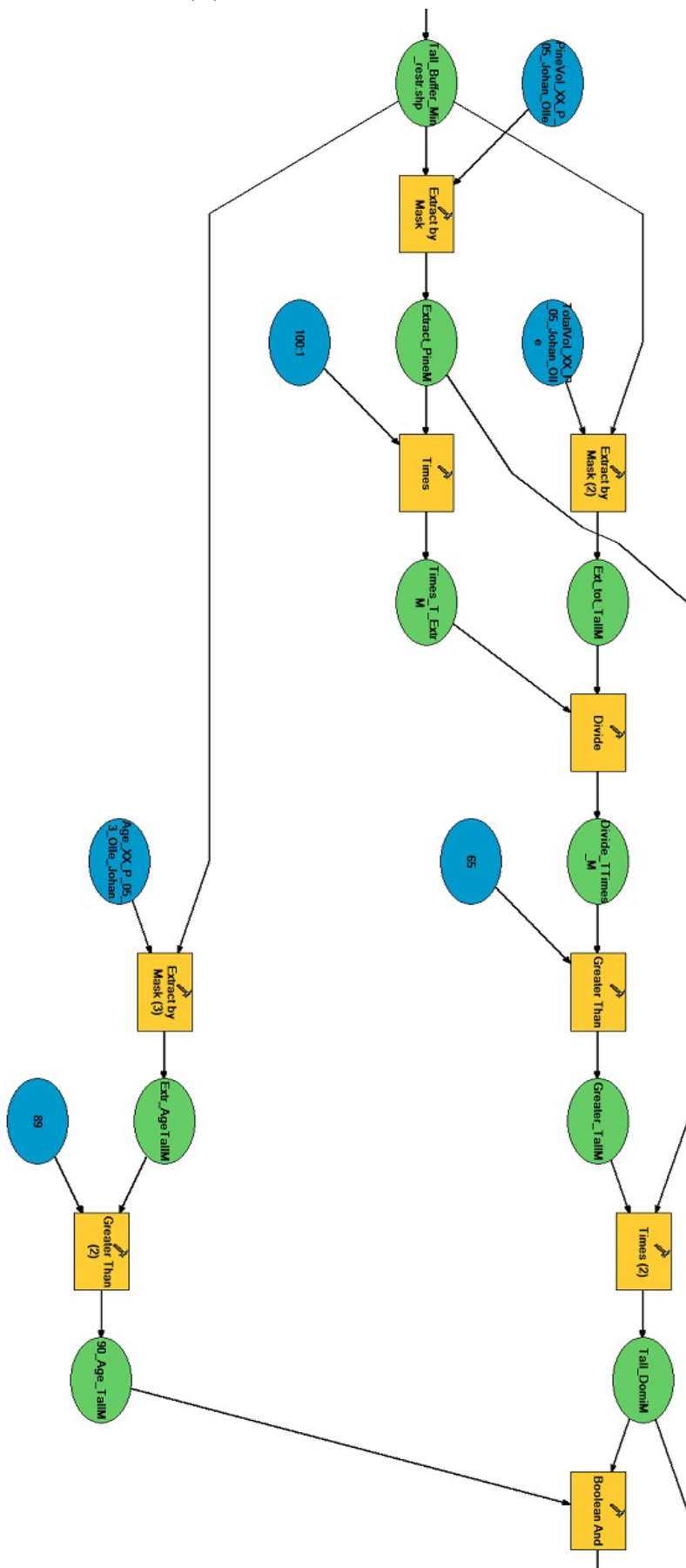
Bilaga 1. Översiktskarta



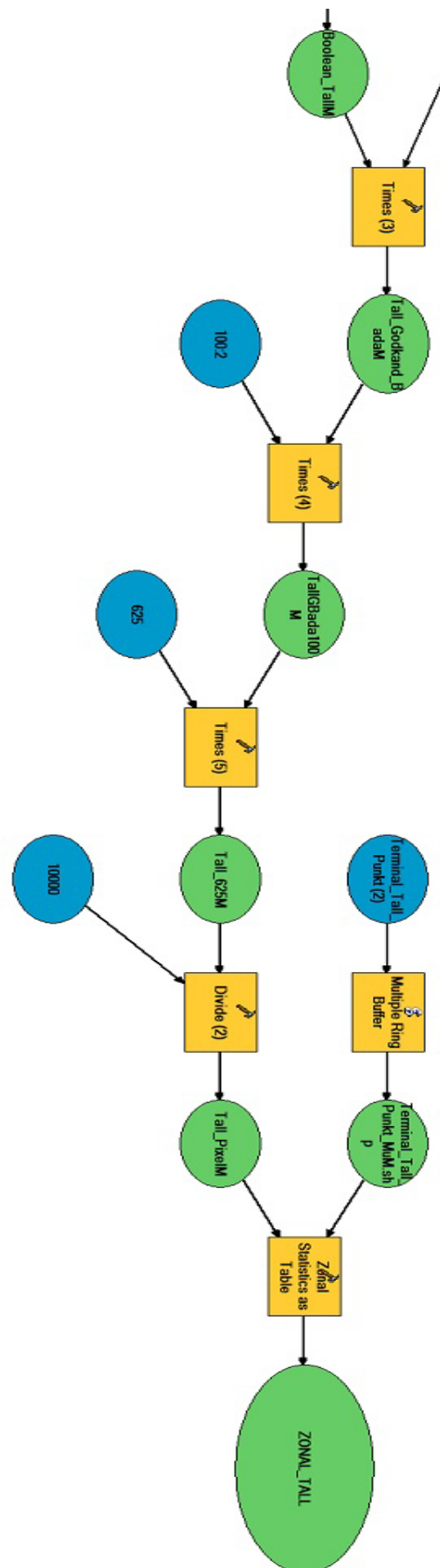
Bilaga 2. Tallmodell (1)



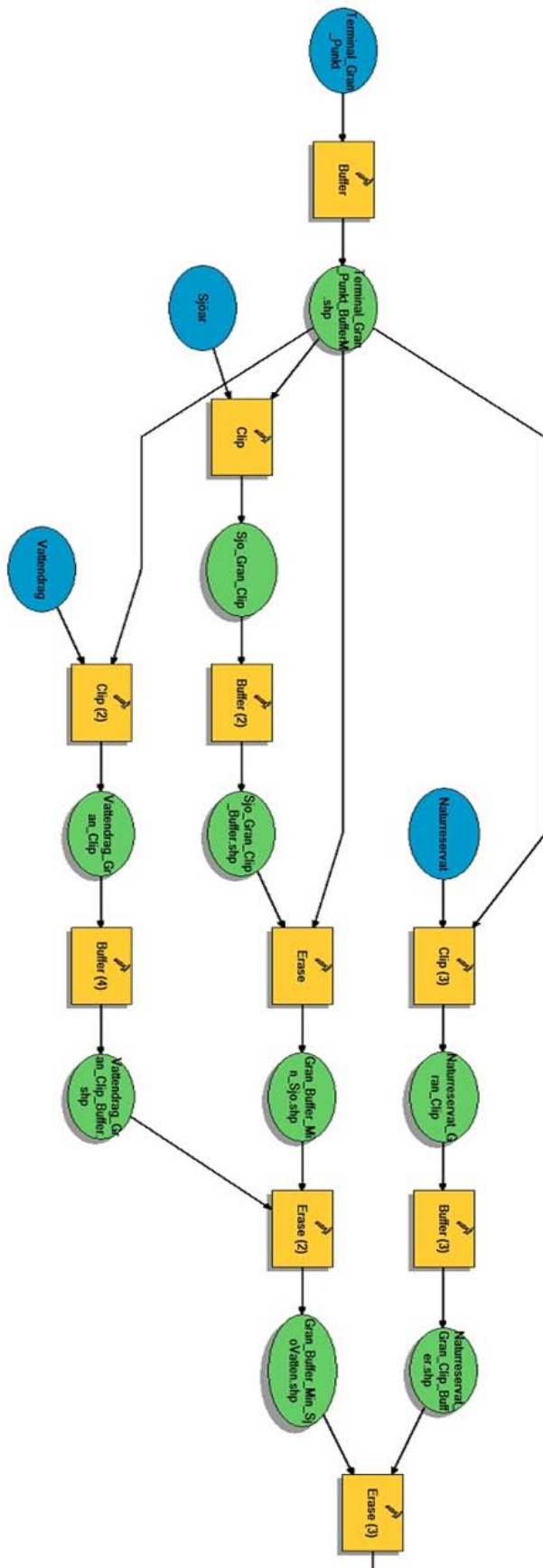
Tallmodell (2)



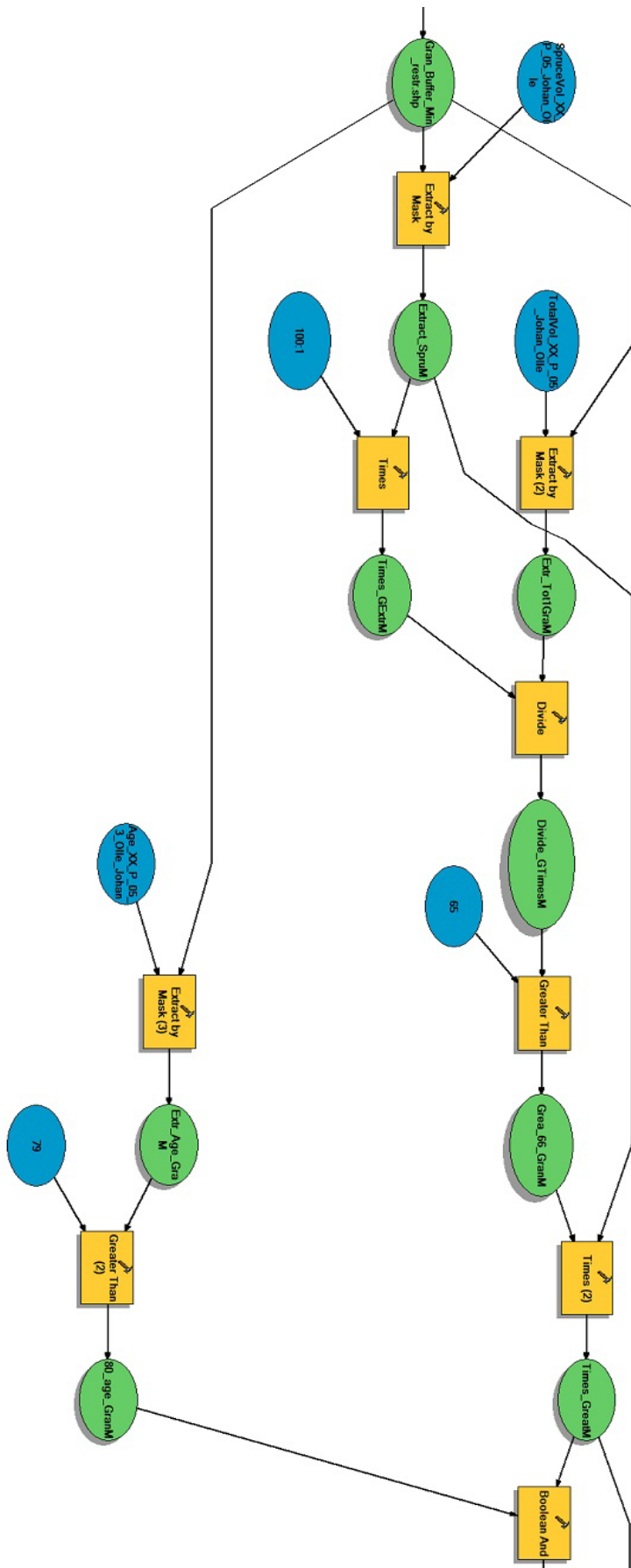
Tallmodell (3)



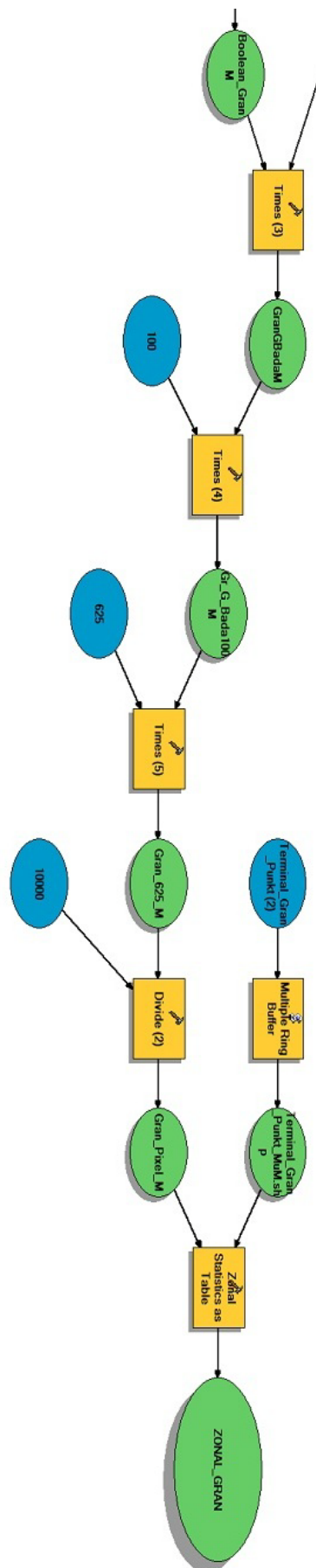
Bilaga 3. Granmodell (1)



Granmodell (2)



Granmodell (3)



Bilaga 4. Modell förklaring

Först och främst placerades två punkter ut för att representera terminalen för tall- respektive granområdet. Placering av dessa terminaler valdes med hjälp av en okulär analys av volymrasterna för de båda trädslagen. Där volymen bedömdes som högst placerades sedan en terminal ut i anslutning till järnvägen

För att få ut ett upptagningsområde med terminalen som centrum skapades därefter, med hjälp av verktyget "Buffer", en polygon med en radie på sju mil.

För att kunna lämna buffertzoner kring sjöar, vattendrag och naturreservat användes först och främst verktyget "Clip" för att få ut tre shape-filer för upptagningsområdet över sjöar, vattendrag och naturreservat. Dessa shape-filer buffrades med 15 meter vardera.

De tre shape-filerna representerar alltså yta som ej skall avverkas och därför användes därefter verktyget "Erase" för att ta bort denna yta från den ursprungliga polygonen över upptagningsområdet. Detta resulterade i en polygon där vi tagit hänsyn och lämnat buffertzoner kring sjöar, vattendrag och naturreservat. Denna polygon betecknas härnäst som upptagningsområdet.

Efter detta användes "Extract by mask" för att klippa ut ett raster med tallvolymen samt ett för den totala volymen i upptagningsområdet. Genom "Times" multiplicerades därefter rastret för tallvolymen med 100. Detta för att ge oss procentandelen tallvolym i upptagningsområdet efter att använt verktyget "Divide" och dividerat med rastret för den totala volymen för upptagningsområdet.

För att få ut ett raster med de pixlar som till 66 % består av tall användes "Greater Than" med värdet 65. Genom att multiplicera detta med rastret för tallvolymen över upptagningsområdet skapades ett lager med virkesförrådet för de pixlar som till 66 % dominerades av tall.

För att kunna ta åldern i beaktning nyttjades återigen verktyget "Extracted by mask" för att med hjälp av upptagningsområdet och ett raster med åldern få fram ett lager med åldern för det valda upptagningsområdet.

Med vetskapen om den lägsta tillåtna slutavverkningsåldern för upptagningsområdena så kunde ett nytt lager tas fram genom att välja de celler för det valda upptagningsområdet som har en ålder över lägsta slutavverkningsålder. Detta gjordes med "Greater Than".

För att få fram cellerna som godkänner bägge restriktioner, det vill säga har en laglig slutavverkningsålder samt en tall- eller granandel på minst 66 % så användes "Boolean And". Detta gav ett nytt raster, vilket i sin tur multiplicerades genom "Times" med lagret som innehöll virkesförrådet för de pixlar som till 66 % dominerades av tall. Genom att ha gjort detta erhöles ett raster med virkesförrådet över området där alla restriktionerna uppfylldes. I rastrets attributtabell fanns information över hur många pixlar som hade en viss m^3 per ha.

För att det totala virkesförrådet skulle kunna beräknas fick man dock omvandla m^3 per ha till m^3 per pixel. För att programmet inte skulle behöva arbeta med decimaler multiplicerades rastret först och främst genom "TIMES" med 100. En pixel har en area på 625m^2 , vilket motsvarar 0,0625 ha. Det innebär att det borde räcka att multiplicera rastret med 0,0625 för att få värdet i m^3 per pixel, men då programmet inte klarar dessa siffror fick man först multiplicera med 625 genom "Times" för att därefter använda "Divide" och då dividera med 10 000. Det framtagna lagret innehöll då information om hur många pixlar som hade en viss m^3 per pixel inom sju mils radie.

Genom att skapa en "Multiple Ring Buffer" med radierna 20, 30, 40, 50, 60 samt 70 km utifrån terminalerna kunde man därefter använda sig av "Zonal statistics as table". Detta under förutsättning att man även använde det framtagna lagret med information om antalet pixlar med en viss m^3 per pixel. Resultatet blev en tabell där data som exempelvis area och virkesförråd för var ring fanns listade. Viktigt att tänka på är att virkesförrådet fortfarande är multiplicerad med 100, vilket som tidigare nämnt gjordes för att programmet inte skulle behöva arbeta med decimaler.

Bilaga 5 Omvandlingstabell

Tabell 5. Omvandlingstabell för skogliga mått (Palo, 2011)

Table 5. Conversion table for forest measurements

Från	Till					
	m ³ sk	m ³ f pb	m ³ f ub	m ³ to ub	m ³ t pb	m ³ s
m ³ sk	1	0,95	0,83	0,68	1,46	2,22
m ³ f pb	1,06	1	0,88	0,72	1,54	2,33
m ³ f ub	1,2	1,14	1	0,82	1,75	2,64
m ³ to ub	1,46	1,39	1,25	1	1,98	3,26
m ³ t pb	0,69	0,65	0,57	0,5	1	1,48
m ³ s	-	-	0,37	-	-	1

1 kWh = 3,6 MJ (U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST), 2007)

Palo, I. (2011). *Omvandlingstabell vanliga kubikmetermått i skogen*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogssverige.se/skog/skogen/swe/lathund.cfm> [2011-03-18]

U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST) (2007). [online] Tillgänglig: <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/energy.html> [2011-03-30]

Bilaga 6. Tall upptagningsområde (1)

Beräkningar över tillåtet energiuttag för tallområdet

Tall	hektar	Tillväxt m3sk/år	Maximalt uttag (m3sk)	Maximalt grotuttag (m3sk)	Verkligt grotuttag (m3sk)
2 mil	79208	266930,96	226891,32	68521,18	51390,88
3 mil	178932	603000,84	512550,71	154790,32	116092,74
4 mil	311950	1051271,50	893580,78	269861,39	202396,05
5 mil	487054	1641371,98	1395166,18	421340,19	316005,14
6 mil	702894	2368752,78	2013439,86	608058,84	456044,13
7 mil	964779	3251305,23	2763609,45	834610,05	625957,54
Medeltillväxt (m3sk/ha & år)	3,37				
Uttagsandel	0,85				
Grotandel av stamvedsvolym	0,302				
Verkligt andel uttag	0,75				
Rådensitet (kg/m3fpb)	800				
Fukthalt	0,45				

Tall upptagningsområde (2)

Grotuttag (m3fpb)	Grotuttag (kg)	Vattenmängd i grot(kg)	Grotuttag (kgTS)	MJ	kWh	GWh
48821,34	39057071,14	17575682,01	21481389,12	412442671,20	114567408,67	114,57
110288,10	88230479,91	39703715,96	48526763,95	931713867,83	258809407,73	258,81
192276,24	153820994,61	69219447,57	84601547,03	1624349703,07	451208250,85	451,21
300204,88	240163906,74	108073758,03	132090148,71	2536130855,19	704480793,11	704,48
433241,92	346593538,02	155967092,11	190626445,91	3660027761,46	1016674378,18	1016,67
594659,66	475727729,95	214077478,48	261650251,47	5023684828,25	1395468007,85	1395,47

Bilaga 7. Gran upptagningsområde (1)

Beräkningar över tillåtet energiuttag för granområdet

Gran	hektar	Tillväxt m3sk/år	Maximalt rundvirkesuttag (m3sk)	Maximalt grotuttag (m3sk)	Verkligt grotuttag (m3sk)
2 mil	76689	351235,62	298550,28	90162,18	67621,64
3 mil	177581	813320,98	691322,83	208779,50	156584,62
4 mil	317901	1455986,58	1237588,59	373751,76	280313,82
5 mil	497838	2280098,04	1938083,33	585301,17	438975,88
6 mil	697807	3195956,06	2716562,65	820401,92	615301,44
7 mil	945281	4329386,98	3679978,93	1111353,64	833515,23
Medeltillväxt (m3sk/ha & år)	4,58				
Uttagsandel	0,85				
Grotandel av stamvedsvolym	0,302				
Verkligt andel uttag	0,75				
Rådensitet (kg/m3fpb)	750				
Fukthalt	0,45				

Gran upptagningsområde (2)

Grotuttag (m3fpb)	Grotuttag (kg)	Vattenmängd i grot(kg)	Grotuttag (kgTS)	MJ	kWh	GWh
64240,56	48180416,89	21681187,60	26499229,29	508785202,36	141329222,88	141,33
148755,39	111566542,94	50204944,32	61361598,62	1178142693,48	327261859,30	327,26
266298,13	199723594,12	89875617,36	109847976,77	2109081153,95	585855876,10	585,86
417027,08	312770311,05	140746639,97	172023671,07	3302854484,64	917459579,07	917,46
584536,37	438402276,32	197281024,34	241121251,98	4629528037,96	1285980010,54	1285,98
791839,47	593879600,18	267245820,08	326633780,10	6271368577,91	1742046827,20	1742,05

Bilaga 8. Potentiellt möjligt uttag – Tall och Gran

Gran	hektar	m3sk	Maximalt grotuttag (m3sk)	Verkligt grotuttag (m3sk)	Grotuttag (m3fpb)	Grotuttag (kg)	Vattenmängd i grot(kg)	Grotuttag (kgTS)	MJ	kWh	GWh
2 mil	76689	2263777	683660,50	512745,38	487108,11	365331081,29	164398986,58	200932094,71	3857896218,43	1071637838,45	1071,64
3 mil	177581	4571864	1380703,00	1035527,25	983750,89	737813167,50	332015925,37	405797242,12	7791307048,75	2164251957,99	2164,25
4 mil	317901	8031230	2425431,38	1819073,54	1728119,86	1296089896,09	583240453,24	712849442,85	13686709302,73	3801863695,20	3801,86
5 mil	497838	12593754	3803313,63	2852485,22	2709860,96	2032395722,37	914578075,07	1117817647,30	21462098828,20	5961694118,94	5961,69
6 mil	697807	17256054	5211328,23	3908496,17	3713071,37	2784803524,24	1253161585,91	1531641938,33	29407525216,00	8168757004,44	8168,76
7 mil	945281	22407325	6767012,23	5075259,17	4821496,21	3616122158,00	1627254971,10	1988867186,90	38186249988,50	10607291663,47	10607,29
Grotandel av stamvedsvolym	0,302										
Verkligt andel uttag	0,75										
Rådensitet (kg/m3fpb)	750										
Fukthalt	0,45										

Tall	hektar	m3sk	Maximalt grotuttag (m3sk)	Verkligt grotuttag (m3sk)	Grotuttag (m3fpb)	Grotuttag (kg)	Vattenmängd i grot(kg)	Grotuttag (kgTS)	MJ	kWh	GWh
2 mil	79208	371329,3	112141,43	84106,08	79900,77	63920617,10	28764277,69	35156339,40	675001716,52	187500476,81	187,50
3 mil	178932	916281,4	276716,99	207537,75	197160,86	157728686,65	70977908,99	86750777,66	1665614931,04	462670814,18	462,67
4 mil	311950	1538715	464691,93	348518,95	331093,00	264874400,10	119193480,05	145680920,06	2797073665,06	776964906,96	776,96
5 mil	487054	2325101	702180,56	526635,42	500303,65	400242918,42	180109313,29	220133605,13	4226565218,48	1174045894,02	1174,05
6 mil	702894	3325883	1004416,80	753312,60	715646,97	572517574,93	257632908,72	314884666,21	6045785591,27	1679384886,47	1679,38
7 mil	964779	4625527	1396909,21	1047681,91	995297,81	796238250,06	358307212,53	437931037,53	8408275920,59	2335632200,17	2335,63
Grotandel av stamvedsvolym	0,302										
Verkligt andel uttag	0,75										
Rådensitet (kg/m3fpb)	800										
Fukthalt	0,45										

Bilaga 9. Kostnadsuträkning för scenario 1

last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63	Lastbilskostnad	Transportarbete (tkm)	last- & lossningskostnad (kr/ton)	transportkostnad (kr)	Avlägg - Terminal (kr)	Antal laststräckor	Totalkostnad avlägg - terminal (kr)
transportkostnad (kr/tkm)	0,76		1414,16	739,86	1074,7616	1814,6216	15754	28588005,48
Medeltransportavstånd (km)	64,28							
Grotlastvikt (ton)	22							
grotuttag (ton)	346593,538							

Fukthalt Pellets	0,08	Förädlingskostnad	Vattenmängd (kg)	Grotuttag ton fh 8%	Kostnad pelletering			
Grot kgTS	190626445,9		16576212,69	207202,66	258588917,9			
Kostnad Pelletering (kr/ton)	1248							
Antal laststräckor	200							
Antal containrar	3							
Maxlast/vagn(kg)	70000							
Maxvikt container (kg)	26400							
Rå bulkdensitet (kg/m3s)	700							
Maxlast tåg (kg)	1600000	Tågtransportkostnad	Lastvikt/cont (kg)	Antal vagnar/tåg	total vikt tåg (kg)	lastVikt/tåg (kg)	Antal laststräckor	Total last- & lossningskostnad (kr)
Vagn vikt (kg)	20000		20333	17,77777778	1530000	1037000	199,8096997	1400000
Last & lossningskostnad/tåg (kr)	7000					Transportkostnad/tåg	Transportkostnad alla	Totalkostnad terminal - värmeverk (kr)
Transportsträcka tall (mil)	119,71					227442,35	45488470	46888470
Transportkostnad (kr/mil)	1900							
Lastvikt/vagn (kg)	61000							
Container vikt (kg)	9000							
Antal vagnar /tåg	17							
Total kostnad avlägg - värmeverk (kr)	334065393,41							

Bilaga 10. Kostnadsuträkning för scenario 2

last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63	Lastbilskostnad	Transportarbete (tkm)	last- & lossningskostnad (kr)	transportkostnad (kr)	Avlägg - Terminal	Antal laststräckor	Totalkostnad avlägg - terminal (kr)
transportkostnad (kr/tkm)	0,76		1414,16	739,86	1074,7616	1814,6216	15754	28588005,48
Medeltransportavstånd (km)	64,28							
Grotlastvikt (ton)	22							
grotuttag (ton)	346593,538							

Fukthalt	0,45	Förädlingskostnad	Grotuttag m3s	Antal h (g15)	Kostnad flisning			
Grotuttag m3sk	456044,13		1012417,969	14463,11	21622355,19			
produktionskapacitet (m3s/h)	70							
Flisningskostnad (kr/h)	1495							
Vagn vikt (kg)	20000							
Antal laststräckor	180							
Antal containrar	3							
Maxlast/vagn(kg)	70000							
Maxvikt container (kg)	26400							
FLIS Rå bulkdensitet (kg/m3s)	320							
Maxlast tåg (kg)	1600000	Tågtransportkostnad	Volym/vagn (m3s)	Lastvikt/vagn (kg)	Antal vagnar/tåg	Total lastvikt för tåg	Antal laststräckor	Total last- & lossningskostnad (kr)
Maxvolym container (m3s)	44		132	42240	22,45929253	929280	372,9699746	2611000
Last & lossningskostnad/tåg (kr)	7000					Transportkostnad	Transportkostnad alla sträckor (kr)	Totalkostnad terminal - värmeverk (kr)
Transportsträcka tall (mil)	119,71					227442,35	84835996,55	87446996,55
Transportkostnad (kr/mil)	1900							
Lastvikt/vagn (kg)	61000							
Container vikt (kg)	9000							
Max längd tåg (m)	630							
Antal vagnar	22							
Längd vagn (m)	20							
Antal laststräckor	373							
Total kostnad avlägg - värmeverk (kr)	137657357,21							

Bilaga 11. Kostnadsuträkning för scenario 3

last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63	Lastbilskostnad	Transportarbete (tkm)	Last- & lossningskostnad (kr/last)	Transportkostnad (kr)	Avlägg - Terminal (kr)	Antal laststräckor	Totalkostnad avlägg - terminal (kr)
transportkostnad (kr/tkm)	0,76		1149,5	739,86	873,62	1613,48	14217	22938574,61
Medeltransportavstånd (km)	52,25	FÖRELÄMNING						
Grotlastvikt (ton)	22							
grotuttag (ton)	312770,3111							

Fukthalt Pellets	0,08	Förädlingskostnad	Vattenmängd (kg)	Grotuttag ton fh 8%	Kostnad pelletering
Grot kgTS	172023671,1		14958580,09	186982,25	233353849,5
Kostnad Pelletering (kr/ton)	1248				

Antal laststräckor	180							
Antal containrar	3							
Maxlast/vagn(kg)	70000							
Maxvikt container (kg)	26400							
Rå bulkdensitet (kg/m3s)	700							
Maxlast tåg (kg)	1600000	Tågtransportkostnad	Lastvikt/cont (kg)	Antal vagnar/tåg	Total vikt tåg (kg)	Lastvikt/tåg (kg)	Antal laststräckor	Total last- & lossningskostnad (kr)
Vagn vikt (kg)	20000		20333	17,77777778	1530000	1037000	180,3107533	1260000
Last & lossningskostnad/tåg (kr)	7000						Transportkostnad/tåg (kr)	Transportkostnad alla sträckor (kr)
Transportsträcka gran (mil)	89,80						170621,71	30711907,8
Transportkostnad (kr/mil)	1900						Totalkostnad terminal - värmeverk (kr)	
Lastvikt/vagn (kg)	61000	31971907,8						
Container vikt (kg)	9000							
Antal vagnar /tåg	17							
Total kostnad avlägg - värmeverk (kr)	288264331,86							

Bilaga 12. Kostnadsuträkning för scenario 4

last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63	Lastbilskostnad	Transportarbete (tkm)	last- & lossningskostn	transportkostnad (kr)	Avlägg - Terminal (kr)	Antal laststräckor	Total kostnad avlägg - terminal (kr)
transportkostnad (kr/tkm)	0,76		1149,5	739,86	873,62	1613,48	14217	22938574,61
Medeltransportavstånd (km)	52,25							
Grotlastvikt (ton)	22							
grotuttag (ton)	312770,3111							

Fukthalt	0,45	Förädlingskostnad	Grotuttag m3s	Antal h (g15)	Kostnad flisning			
Grotuttag m3sk	438975,88		974526,4536	13921,81	20813100,69			
produktionskapacitet (m3s/h)	70							
Flisningskostnad (kr/h)	1495							
Vagn vikt (kg)	20000							
Antal laststräckor	180							
Antal containrar	3							
Maxlast/vagn(kg)	70000							
Maxvikt container (kg)	26400							
FLIS Rå bulkdensitet (kg/m3s)	320							
Maxlast tåg (kg)	1600000	Tågtransportkostnad	Volym/vagn (m3s)	lastvikt/vagn (kg)	Antal vagnar/tåg	Total lastvikt för tåg (kg)	Antal laststräckor	Total last- & lossningskostnad (kr)
Maxvolym container (m3s)	44		132	42240	22,45929253	929280	336,5727349	2359000
Last & lossningskostnad/tåg (kr)	7000					Transportkostnad/tåg (kr)	Transportkostnad alla sträckor (kr)	Totalkostnad terminal - värmeverk (kr)
Transportsträcka gran (mil)	89,80					170621,71	57499516,27	59858516,27
Transportkostnad (kr/mil)	1900							
Lastvikt/vagn (kg)	61000							
Container vikt (kg)	9000							
Antal vagnar /tåg	17							
Max längd tåg (m)	630							
Max antal vagnar	22							
Längd vagn (m)	20							
Antal laststräckor	337							
Total kostnad avlägg - värmeverk (kr)	103610191,57							

Bilaga 13. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 1

Medeltransportavstånd	Transportarbete (tkm)	Last- & lossningskostnad (kr)	Transportkostnad (kr/last)	Avlägg - Terminal (kr)	Grotuttag (ton)	Antal laststräckor	Total kostnad avlägg - terminal (kr)	Verkligt grotuttag (m3sk)	MC (kr/m3sk)	
21,43	471,46	739,86	358,31	1098,17	39057,07	1775,32	1949604,01	51390,88		
32,14	707,08	739,86	537,38	1277,24	88230,48	4010,48	5122344,03	116092,74	49,04	
42,85	942,70	739,86	716,45	1456,31	153820,99	6991,86	10182334,56	202396,05	58,63	
53,57	1178,54	739,86	895,69	1635,55	240163,91	10916,54	17854553,35	316005,14	67,53	
64,28	1414,16	739,86	1074,76	1814,62	346593,54	15754,25	28588005,48	456044,13	76,65	
74,99	1649,78	739,86	1253,83	1993,69	475727,73	21623,99	43111588,63	625957,54	85,48	
Grot kgTS	Vattenmängd (kg)	Grotuttag ton fh 8%	Kostnad pelletering	Antal laststräckor	Last- & lossningskostnad tot.	Transportkostnad tot	Totalkostnad terminal - värmeverk	Totalkostnad transport + förädling	Tillförd MWh	MC (kr/MWh)
21481389,12	1867946,88	23349,34	29139971,33	22,52	157613,65	5121145,47	5278759,12	36368334,45	114567,41	
48526763,95	4219718,60	52746,48	65827610,23	50,86	356051,47	11568740,55	11924792,02	82874746,28	258809,41	322,42
84601547,03	7356656,26	91958,20	114763837,71	88,68	620740,04	20168939,11	20789679,15	145735851,42	451208,25	326,72
132090148,71	11486099,89	143576,25	179183158,25	138,45	969174,29	31490182,63	32459356,92	229497068,52	704480,79	330,72
190626445,91	16576212,69	207202,66	258588917,93	199,81	1398667,90	45445187,65	46843855,55	334020778,96	1016674,38	334,80
261650251,47	22752195,78	284402,45	354934254,17	274,26	1919785,08	62377204,39	64296989,47	462342832,27	1395468,01	338,77

fukthalt	0,08
last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63
transportkostnad (kr/tkm)	0,76
Grotlastvikt (ton)	22
Verkningsgrad	0,87
Fast pris 5 år (kr/MWh)	585
Kostnad pelletering (kr/ton)	1248
lastvikt/tåg (ton)	1037
last- & lossningskostnad per tåg	7000
transportkostnad per tåg (kr)	227442,35

verkligt grotuttag (m3sk)	tillförd kWh	Såld MWh	Intäkt (kr) TR	tillförd Mwh	MR (kr/m3sk)
51390,88	114567408,67	99673,65	58309082,64	114567,41	
116092,74	258809407,73	225164,18	131721048,06	258809,41	508,95
202396,05	451208250,85	392551,18	229642439,27	451208,25	508,95
316005,14	704480793,11	612898,29	358545499,65	704480,79	508,95
456044,13	1016674378,18	884506,71	517436424,77	1016674,38	508,95
625957,54	1395468007,85	1214057,17	710223442,60	1395468,01	508,95

Bilaga 14. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 2

Medeltransportavstånd	Transportarbete (tkm)	Last- & lossningskostnad (kr/last)	Transportkostnad (kr/last)	Avlägg - Terminal (kr)	Grotuttag (ton)	Antal laststräckor	Total kostnad avlägg - terminal (kr)	Verkligt grotuttag (m3sk)	MC (kr/m3sk)	
21,43	471,46	739,86	358,31	1098,17	39057,07	1775,32	1949604,01	51390,88		
32,14	707,08	739,86	537,38	1277,24	88230,48	4010,48	5122344,03	116092,74	49,04	
42,85	942,70	739,86	716,45	1456,31	153820,99	6991,86	10182334,56	202396,05	58,63	
53,57	1178,54	739,86	895,69	1635,55	240163,91	10916,54	17854553,35	316005,14	67,53	
64,28	1414,16	739,86	1074,76	1814,62	346593,54	15754,25	28588005,48	456044,13	76,65	
74,99	1649,78	739,86	1253,83	1993,69	475727,73	21623,99	43111588,63	625957,54	85,48	
Grot m3s	Antal g15h	Kostnad flisning	Total lastvikt för tåg (kg)	Antal laststräckor	Last- & lossningskostnad total	Transportkostnad tot.	Totalkostnad terminal - värmeverk	Totalkostnad	Tillförd MWh	MC (kr/MWh)
114087,75	1629,83	2436588,45	929280,00	42,03	294205,73	9559263,13	9853468,86	14239661,32	114567,41	
257725,88	3681,80	5504288,50	929280,00	94,94	664614,93	21594511,55	22259126,48	32885759,01	258809,41	129,27
449319,23	6418,85	9596175,00	929280,00	165,53	1158689,48	37647865,54	38806555,03	58585064,59	451208,25	133,57
701531,41	10021,88	14982706,56	929280,00	258,44	1809085,90	58780392,71	60589478,61	93426738,52	704480,79	137,57
1012417,97	14463,11	21622355,19	929280,00	372,97	2610789,82	84829167,51	87439957,33	137650317,99	1016674,38	141,65
1389625,74	19851,80	29678435,42	929280,00	511,93	3583520,69	116434909,67	120018430,37	192808454,42	1395468,01	145,62

fukthalt	0,08
last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63
transportkostnad (kr/tkm)	0,76
Grotlastvikt (ton)	22
Verkningsgrad	0,87
Fast pris 5 år (kr/MWh)	585
FLIS Rå bulkdensitet (kg/m3s)	320
maximalvolym container (m3s)	44
last- & lossningskostnad per tåg (kr)	7000
transportkostnad per tåg (kr)	227442,35
produktion (m3s/g15h)	70
flisningskostnad (kr/g15h)	1495

Verkligt grotuttag (m3sk)	Tillförd kWh	Såld MWh	Intäkt (kr) TR	Tillförd MWh	MR (kr/m3sk)
51390,88	114567408,67	99673,65	58309082,64	114567,41	
116092,74	258809407,73	225164,18	131721048,06	258809,41	508,95
202396,05	451208250,85	392551,18	229642439,27	451208,25	508,95
316005,14	704480793,11	612898,29	358545499,65	704480,79	508,95
456044,13	1016674378,18	884506,71	517436424,77	1016674,38	508,95
625957,54	1395468007,85	1214057,17	710223442,60	1395468,01	508,95

Bilaga 15. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 3

Medeltransportavstånd	Transportarbete (tkm per last)	Last- & lossningskostnad (kr) per last	Transportkostnad (kr/last)	Avlägg - Terminal (kr per last)	Grotuttag (ton)	Antal laststräckor	Total kostnad avlägg - terminal (kr)	Verkligt grotuttag (m3sk)	MC (kr/m3sk)	
20,90	459,80	739,86	349,45	1089,31	48180,42	2190,02	2385605,16	67621,64		
31,35	689,70	739,86	524,17	1264,03	111566,54	5071,21	6410167,29	156584,62	45,24	
41,80	919,60	739,86	698,90	1438,76	199723,59	9078,35	13061523,61	280313,82	53,76	
52,25	1149,50	739,86	873,62	1613,48	312770,31	14216,83	22938574,61	438975,88	62,25	
62,70	1379,40	739,86	1048,34	1788,20	438402,28	19927,38	35634213,82	615301,44	72,00	
73,15	1609,30	739,86	1223,07	1962,93	593879,60	26994,53	52988313,45	833515,23	79,53	
Grot kgTS	Vattenmängd (kg)	Grotuttag ton fh 8%	Kostnad pelletering	Antal laststräckor tåg	Last- & lossningskostnad tot.	Transportkostnad tot.	Totalkostnad terminal - värmeverk	Totalkostnad för transport + förädling	Tillförd MWh	MC (kr/MWh)
26499229,29	2304280,81	28803,51	35946780,60	27,78	194430,64	4739107,90	4933538,54	43265924,30	141329,22	
61361598,62	5335791,18	66697,39	83238342,48	64,32	450223,46	10973875,26	11424098,72	101072608,49	327261,86	310,90
109847976,77	9551997,98	119399,97	149011168,49	115,14	805978,61	19645153,03	20451131,64	182523823,75	585855,88	314,98
172023671,07	14958580,09	186982,25	233353849,45	180,31	1262175,27	30764620,73	32026796,00	288319220,06	917459,58	319,04
241121251,98	20967065,39	262088,32	327086220,08	252,74	1769159,33	43121994,90	44891154,22	407611588,13	1285980,01	323,71
326633780,10	28402937,40	355036,72	443085823,44	342,37	2396583,44	58415009,39	60811592,83	556885729,71	1742046,83	327,31

fukthalt	0,08						
last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63						
transportkostnad (kr/tkm)	0,76						
Grotlastvikt (ton)	22	Verkligt grotuttag (m3sk)	Tillförd kWh	Såld MWh	Intäkt (kr) TR	Tillförd MWh	MR (kr/MWh)
Verkningsgrad	0,87	67621,64	141329222,88	122956,42	71929507,98	141329,22	
Fast pris 5 år (kr/MWh)	585	156584,62	327261859,30	284717,82	166559923,29	327261,86	508,95
Kostnad pelletering (kr/ton)	1248	280313,82	585855876,10	509694,61	298171348,14	585855,88	508,95
lastvikt/tåg (ton)	1037	438975,88	917459579,07	798189,83	466941052,77	917459,58	508,95
last- & lossningskostnad per tåg (kr)	7000	615301,44	1285980010,54	1118802,61	654499526,36	1285980,01	508,95
transportkostnad per tåg (kr)	170620	833515,23	1742046827,20	1515580,74	886614732,70	1742046,83	508,95

Bilaga 16. Beräkningar för marginalkostnad samt marginalintäkt (kr/MWh) scenario 4

Medeltransportavstånd	Transportarbete (tkm)	Last- & lossningskostnad (kr)	Transportkostnad (kr/last)	Avlägg - Terminal (kr)	Grotuttag (ton)	Antal laststräckor	Total kostnad avlägg - terminal (kr)	Verkligt grotuttag (m3sk)	MC (kr/m3sk)	
20,90	459,80	739,86	349,45	1089,31	48180,42	2190,02	2385605,16	67621,64		
31,35	689,70	739,86	524,17	1264,03	111566,54	5071,21	6410167,29	156584,62	45,24	
41,80	919,60	739,86	698,90	1438,76	199723,59	9078,35	13061523,61	280313,82	53,76	
52,25	1149,50	739,86	873,62	1613,48	312770,31	14216,83	22938574,61	438975,88	62,25	
62,70	1379,40	739,86	1048,34	1788,20	438402,28	19927,38	35634213,82	615301,44	72,00	
73,15	1609,30	739,86	1223,07	1962,93	593879,60	26994,53	52988313,45	833515,23	79,53	
Grot m3s	Antal g15h	Kostnad flisning	Total lastvikt förtåg (kg)	Antal laststräckor	Last- & lossningskostnad tot.	Transportkostnad tot.	Total kostnad terminal - värmeverk	Totalkostnad transport + förädling	Tillförd MWh	MC (kr/MWh)
150120,04	2144,57	3206135,16	929280,00	51,85	362929,28	8846141,88	9209071,16	14800811,48	141329,22	
347617,86	4965,97	7424124,22	929280,00	120,06	840398,80	20484120,56	21324519,37	35158810,88	327261,86	109,49
622296,68	8889,95	13290479,10	929280,00	214,92	1504460,61	36670152,85	38174613,47	64526616,18	585855,88	113,57
974526,46	13921,81	20813100,69	929280,00	386,57	2356009,14	57426040,02	59782049,17	103533724,47	917459,58	117,63
1365969,20	19513,85	29173199,27	929280,00	471,77	3302358,74	80492635,57	83794994,32	148602407,42	1285980,01	122,30
1850403,81	26434,34	39519338,53	929280,00	609,07	4473524,88	109038973,60	113512498,48	206020150,45	1742046,83	125,90

fukthalt	0,08
last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63
transportkostnad (kr/tkm)	0,76
Grotlastvikt (ton)	22
Verkningsgrad	0,87
Fast pris 5 år (kr/MWh)	585
FLIS Råbultdensitet (kg/m3s)	320
maximal volym container (m3s)	44
last- & lossningskostnad per tåg (kr)	7000
transportkostnad per tåg (kr)	170620
produktion (m3s/g15h)	70
flisningskostnad (kr/g15h)	1495

Verkligt grotuttag (m3sk)	Tillförd kWh	Såld MWh	Intäkt (kr) TR	Tillförd MWh	MR (kr/m3sk)
67621,64	14132922,88	122956,42	71929507,98	141329,22	
156584,62	32726189,30	284717,82	166559923,29	327261,86	508,95
280313,82	58585876,10	509694,61	298171348,14	585855,88	508,95
438975,88	917459579,07	798189,83	466941052,77	917459,58	508,95
615301,44	1285980010,54	1118802,61	654499526,36	1285980,01	508,95
833515,23	1742046827,20	1515580,74	886614732,70	1742046,83	508,95

Bilaga 17. Marginalintäkt

Tall Marginalintäkt (kr/m³sk)

fukthalt	0,08	verkligt grotuttag (m3sk)	tillförd kWh	Såld MWh	Intäkt (kr) TR	verkligt grotuttag (m3sk)	MR (kr/m3sk)
last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63	51390,88	114567408,67	99673,65	28606336,27	51390,88	
transportkostnad (kr/tkm)	0,76	116092,74	258809407,73	225164,18	64622121,02	116092,74	556,64
Grotlastvikt (ton)	22	202396,05	451208250,85	392551,18	112662188,15	202396,05	556,64
Verkningsgrad	0,87	316005,14	704480793,11	612898,29	175901809,23	316005,14	556,64
Löpande pris över 1 år (kr/MWh)	287	456044,13	1016674378,18	884506,71	253853425,49	456044,13	556,64
FLIS Rå bulkdensitet (kg/m3s)	320	625957,54	1395468007,85	1214057,17	348434406,88	625957,54	556,64
maximalvolym container (m3s)	44						
last- & lossningskostnad per tåg (kr)	7000						
transportkostnad per tåg (kr)	227449						
produktion (m3s/g15h)	70						
flisningskostnad (kr/g15h)	1495						

Gran Marginalintäkt (kr/m3sk)

fukthalt	0,08	verkligt grotuttag (m3sk)	tillförd kWh	Såld MWh	Intäkt (kr) TR	verkligt grotuttag (m3sk)	MR (kr/m3sk)
last- & lossningskostnad (kr/ton)	33,63	67621,64	141329222,88	122956,42	35288493,66	67621,64	
transportkostnad (kr/tkm)	0,76	156584,62	327261859,30	284717,82	81714013,65	156584,62	521,85
Grotlastvikt (ton)	22	280313,82	585855876,10	509694,61	146282353,70	280313,82	521,85
Verkningsgrad	0,87	438975,88	917459579,07	798189,83	229080482,30	438975,88	521,85
Löpande pris över 1 år (kr/MWh)	287	615301,44	1285980010,54	1118802,61	321096348,83	615301,44	521,85
FLIS Rå bulkdensitet (kg/m3s)	320	833515,23	1742046827,20	1515580,74	434971672,28	833515,23	521,85
maximalvolym container (m3s)	44						
last- & lossningskostnad per tåg (kr)	7000						
transportkostnad per tåg (kr)	170620						
produktion (m3s/g15h)	70						
flisningskostnad (kr/g15h)	1495						